

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN**



TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

**TÍTULO:**

**“PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED  
ETHERNET INDUSTRIAL EN PLANTA DE CERVECERÍA PARA SISTEMAS  
DE MEDICIÓN ENERGÍA Y VISUALIZACIÓN DE PROCESOS DE LAS ÁREAS  
DE PRODUCCIÓN, MES.”**

AUTOR:

CÓSMAR EDUARDO SILES RAMÍREZ

TUTOR:

MSC. ING. LEONARDO AGUIRRE SOTELO

**MANAGUA, NICARAGUA**

**OCTUBRE 2017**



## **DEDICATORIA**

Profundamente agradecido con Dios por esta nueva oportunidad. Con dedicatoria a mis padres y hermanas, especialmente a mi madre por su enorme sacrificio y confianza durante los años de estudios, trabajo y titulación.

A mi esposa por toda su comprensión, apoyo, motivación y voluntad para conmigo en este camino; y el tiempo para poder realizar este trabajo.

Una especial mención a todas aquellas personas que han servido de guía y su intercesión, especialmente a Álvaro, Rosita, Lolita, Mario y Rheneas, se les recuerda con mucho cariño. A Marcos Mack por su confianza, apoyo y grandioso aporte. A mi abuelita por su comprensión, apoyo, confianza y paciencia. En honor todos ellos.

## **RESUMEN**

Este trabajo monográfico presenta una propuesta de Diseño para la implementación de una Red Ethernet Industrial en Planta de Cervecería ubicada en Ciudad de Guatemala, Guatemala. Dicha propuesta consiste en la incorporación de equipos de comunicación industrial que mejoren la interconexión del Sistema de Medición de Energía y permitan establecer un Sistema MES que abarque todas las Áreas de Producción de Planta de Cervecería.

La Red Industrial Ethernet se ha independizado de las actuales redes locales de oficinas y cada una de ellas operará a una velocidad de comunicación de 1,000Mbps utilizando equipos del fabricante alemán Phoenix Contact. La importancia de este trabajo radica en presentar las diferencias sustanciales que caracterizan una red de datos convencional para oficinas y una red estrictamente para un entorno industrial, en donde las consideraciones técnicas de los equipos son sumamente trascendentales para cumplir con las demandas propias de un Sistema Automatizado interconectado.

La actual red para el Sistema de Medición de Energía utiliza la plataforma de comunicación de las diferentes redes locales de oficinas y luego de realizar las diferentes visitas a Planta de Cervecería se lograron identificar los sitios de mejora respecto al diseño y conceptualización que hacen inviable seguir creciendo en los puntos de medición si se continúan utilizando las redes de oficinas.

Y por último se ha presentado una propuesta económica que incluye los equipos de comunicación para los Sistemas de Medición de Energía y MES.



## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>- 3 -</b>
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	- 3 -
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	- 3 -
<b>3.</b>	<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>- 4 -</b>
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	- 5 -
3.2.	DELIMITACIÓN DEL TEMA.....	- 6 -
3.3.	ALCANCES .....	- 7 -
<b>4.</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>- 8 -</b>
<b>5.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>- 10 -</b>
5.1.	COMUNICACIONES INDUSTRIALES.....	- 10 -
5.1.1.	<i>Introducción</i> .....	- 10 -
5.1.2.	<i>Redes de Comunicación Digital</i> .....	- 11 -
5.1.3.	<i>Áreas de Aplicación</i> .....	- 12 -
5.1.3.1.	Automatización Industrial.....	- 12 -
5.1.3.2.	Automatización de Procesos .....	- 13 -
5.1.4.	<i>Razones de uso</i> .....	- 14 -
5.2.	PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN.....	- 16 -
5.2.1.	<i>Introducción</i> .....	- 16 -
5.2.2.	<i>Niveles de la Pirámide de Automatización</i> .....	- 18 -
5.2.2.1.	Nivel de Campo .....	- 18 -
5.2.2.2.	Nivel de Control.....	- 18 -
5.2.2.3.	Nivel de Supervisión .....	- 18 -
5.2.2.4.	Nivel de Planificación .....	- 19 -
5.2.2.5.	Nivel de Gestión .....	- 20 -
5.3.	SISTEMAS DE CONTROL INTEGRADO Y SISTEMA MES.....	- 21 -
5.3.1.	<i>Introducción</i> .....	- 21 -
5.3.2.	<i>Integración de Control: MES</i> .....	- 22 -
5.4.	SISTEMA EN PLANTA Y SENSORES .....	- 26 -
5.4.1.	<i>Introducción</i> .....	- 26 -
5.4.2.	<i>Sistemas de fabricación</i> .....	- 27 -
5.4.3.	<i>Control Centralizado versus Control Distribuido</i> .....	- 27 -

5.4.4. Sensores inteligentes .....	- 29 -
5.5. COMUNICACIONES SERIAL .....	- 30 -
5.5.1. Introducción .....	- 30 -
5.5.2. Estándar RS-232 .....	- 30 -
5.5.3. Estándar RS-485 .....	- 31 -
5.6. REDES DE CAMPO .....	- 32 -
5.6.1. Introducción .....	- 32 -
5.6.2. HART .....	- 33 -
5.6.3. Profibus .....	- 33 -
5.6.4. Modbus .....	- 34 -
5.6.4.1. Modbus TCP .....	- 35 -
5.6.5. CAN .....	- 35 -
5.6.6. AS-i .....	- 35 -
5.6.7. DeviceNet .....	- 36 -
5.6.8. Interbus .....	- 37 -
5.7. EL MODELO OSI .....	- 38 -
5.7.1. Introducción .....	- 38 -
5.7.2. Capas del modelo OSI .....	- 39 -
5.7.2.1. Capa Física (Physical layer 1) .....	- 39 -
5.7.2.2. Capa de Enlace de Datos (Data link layer 2) .....	- 39 -
5.7.2.3. Capa de Red (Network layer 3) .....	- 40 -
5.7.2.4. Capa de Transporte (Transport layer 4) .....	- 40 -
5.7.2.5. Capa de Sesión (Session layer 5) .....	- 40 -
5.7.2.6. Capa de Presentación (Presentation layer 6) .....	- 40 -
5.7.2.7. Capa de Aplicación (Application layer 7) .....	- 40 -
5.7.3. LAN .....	- 41 -
5.8. ETHERNET .....	- 42 -
5.8.1. Introducción .....	- 42 -
5.8.2. Modelo TCP/IP .....	- 43 -
5.8.3. Estructura Elemental para Ethernet .....	- 43 -
5.8.3.1. Repetidor .....	- 43 -
5.8.3.2. Hub .....	- 44 -
5.8.3.3. Switch .....	- 44 -
5.8.3.3.1. Switches Industriales .....	- 46 -
5.8.3.3.1.1. Switch No Administrables .....	- 48 -
5.8.3.3.1.2. Switch Administrables .....	- 48 -
5.8.3.3.1.3. Características de un Switch Industrial .....	- 49 -

5.8.3.4.	Router .....	- 51 -
5.8.3.4.1.	Switch de Capa 3.....	- 52 -
5.9.	TOPOLOGÍAS DE RED.....	- 53 -
5.9.1.	<i>Introducción</i> .....	- 53 -
5.9.2.	<i>Topología Estrella</i> .....	- 54 -
5.9.3.	<i>Topología Anillo</i> .....	- 55 -
5.9.3.1.	Redundancia de Red .....	- 56 -
5.9.3.2.	Spanning Tree Protocol.....	- 56 -
5.9.3.3.	Rapid Spanning Tree Protocol .....	- 57 -
5.9.3.4.	Media Redundancy Protocol .....	- 58 -
5.9.3.5.	Parallel Redundancy Protocol .....	- 60 -
5.10.	MEDIOS DE TRANSMISIÓN .....	- 61 -
5.10.1.	..... <i>Introducción</i>	- 61 -
5.10.2.	..... <i>Par Trenzado</i>	- 62 -
5.10.2.1.	Conectores .....	- 64 -
5.10.3.	..... <i>Fibra Óptica</i>	- 65 -
5.10.3.1.	Conectores .....	- 65 -
5.11.	DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES INDUSTRIALES EN LA ACTUALIDAD .....	- 66 -
5.11.1.	..... <i>Introducción</i>	- 66 -
5.11.2.	..... <i>Separación entre Redes de Oficinas y Redes Industriales</i>	- 67 -
5.11.3.	..... <i>Nuevas Tecnologías en Redes de Comunicación Industrial</i>	- 68 -
5.11.4.	..... <i>Incursión de las Redes Industriales en Centro América</i>	- 71 -
6.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	- 74 -
6.1.	INVESTIGACIÓN .....	- 74 -
6.1.1.	<i>Instalaciones de Planta</i> .....	- 74 -
6.1.1.1.	Localización de Células de Automatización .....	- 76 -
6.1.1.2.	Sensores en Planta.....	- 78 -
6.1.1.3.	Sistemas e interfaces en Planta .....	- 80 -
6.1.1.4.	Sistema de Medición de Energía.....	- 84 -

6.1.1.4.1.	Distribución de los sitios de Medición de Energía .....	- 85 -
6.1.1.4.2.	Registro de fallas .....	- 85 -
6.1.1.4.3.	Conexiones de los medios físicos.....	- 86 -
6.2.	DECISIÓN .....	- 87 -
6.2.1.	<i>Independencia de las Redes: Medición Energía y MES .....</i>	<i>- 87 -</i>
6.2.2.	<i>Especificación de las Topologías de Red Física.....</i>	<i>- 88 -</i>
6.2.3.	<i>Determinación de los medios de comunicación Física.....</i>	<i>- 89 -</i>
6.2.4.	<i>Especificaciones técnicas.....</i>	<i>- 90 -</i>
6.2.4.1.	Switches Administrables .....	- 91 -
6.2.4.2.	Switches No Administrables .....	- 91 -
6.2.5.	<i>Especificación de las Topologías Lógicas de Red .....</i>	<i>- 92 -</i>
6.3.	ESPECIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN .....	- 93 -
6.3.1.	<i>Integración de la Red de Medición de Energía .....</i>	<i>- 94 -</i>
6.3.2.	<i>Integración de Red MES.....</i>	<i>- 94 -</i>
6.3.3.	<i>Determinación Presupuestaria de la Red Ethernet Industrial.....</i>	<i>- 95 -</i>
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 99 -
7.1.	RECOMENDACIONES.....	- 101 -
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	- 102 -
9.	ANEXOS .....	- 107 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Pirámide de Automatización.....	- 17 -
FIGURA 2: Integración de MES con los niveles inferiores de la Pirámide de Automatización, incluso con diferentes células.....	- 22 -
FIGURA 3: Información presentada por un sistema MES sobre una planta de producción.....	- 24 -
FIGURA 4: Arquitectura de un sistema de control integrado según Siemens.....	- 25 -
FIGURA 5: El Protocolo HART y su función de Transmisión.....	- 33 -
FIGURA 6: Estructura de Profibus.....	- 34 -
FIGURA 7: AS-i al nivel de Sensores – Actuadores.....	- 36 -
FIGURA 8: Arquitectura de comunicación Interbus.....	- 37 -
FIGURA 9: Capas del modelo OSI.....	- 39 -
FIGURA 10: Ubicación de LAN dentro del modelo OSI.....	- 41 -
FIGURA 11: El Repetidor de acuerdo con el modelo OSI.....	- 44 -
FIGURA 12: El Hub o Concentrador.....	- 44 -
FIGURA 13: El puente (bridge) según el modelo OSI.....	- 45 -
FIGURA 14: Tabla de direccionamiento de un Switch.....	- 45 -
FIGURA 15: El Switch.....	- 46 -
FIGURA 16: Gabinete de Control para comunicaciones industriales en Planta de Volkswagen.....	- 47 -
FIGURA 17: Switch industrial no administrable FL SWITCH SFN 8GT, Phoenix Contact.....	- 48 -
FIGURA 18: Switch industrial administrable FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP, Phoenix Contact.....	- 49 -
FIGURA 19: El router o enrutador, y el modelo OSI.....	- 51 -
FIGURA 20: Las diferentes topologías en una célula de automatización.....	- 54 -
FIGURA 21: Topología Estrella.....	- 54 -
FIGURA 22: Topología Anillo.....	- 55 -
FIGURA 23: Topología RSTP, función tipo “árbol”.....	- 57 -
FIGURA 24: Funcionamiento de MRP.....	- 59 -
FIGURA 25: Estructura del Nodo en PRP.....	- 60 -
FIGURA 26: Significado de esquemas de cables y tipos de cable.....	- 63 -
FIGURA 27: Conectores RJ-45 y M12.....	- 64 -
FIGURA 28: Conectores para Fibra Óptica.....	- 65 -
FIGURA 29: Infraestructura "Industrial Ethernet".....	- 69 -
FIGURA 30: Servicios de Conexiones Remotas Industriales por la nube.....	- 70 -
FIGURA 31: Esquema de Sistema de Control con PLC y SCADA sencillo.....	- 71 -
FIGURA 32: Esquema de Sistema de control básico con PLC y doble estación de Supervisión.....	- 72 -
FIGURA 33: Esquema de Sistema de Control DCS y estaciones de Supervisión redundantes según Siemens.....	- 72 -

FIGURA 34: Vista de Planta Cervecería. ....	- 75 -
FIGURA 35: Visualización variables de campo para suministro de agua hacia diferentes procesos. ....	- 78 -
FIGURA 36: Arquitectura de comunicaciones sistema DCS Siemens para Distribución de Agua en Salones... -	81 -
FIGURA 37: Interfaces sistemas de control en Casa de Cocimientos Siemens/Phoenix Contact mediante Profibus DP e Interbus. ....	- 82 -
FIGURA 38: Sistema de Medición de Energía actual. ....	- 84 -
FIGURA 39: Registros fallidos por comunicación. ....	- 86 -
FIGURA 40: Tipos de fibra óptica multi hilos. ....	- 89 -
FIGURA 41: Topología Lógica de Red Medición Energía, MRP. ....	- 92 -
FIGURA 42: Topología Lógica de Red MES, MRP. ....	- 93 -

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Consideraciones para seleccionar el tipo de cable como medio de transmisión según Phoenix Contact. ....	- 61 -
TABLA 2: Clases y Categorías. ....	- 62 -
TABLA 3: Características, requerimientos y particularidades de un Ambiente de Oficinas y un Ambiente Industrial. ....	- 68 -
TABLA 4: Planta de Cervecería: Áreas de Producción y Proceso. ....	- 76 -
TABLA 5: Células de Automatización. ....	- 77 -
TABLA 6: Ubicación medidores energía. ....	- 85 -
TABLA 7: Presupuesto Red Medición Energía. ....	- 96 -
TABLA 8: Presupuesto Red MES. ....	- 97 -
TABLA 9: Presupuesto Materiales. ....	- 98 -
TABLA 10: Presupuesto Total Red Ethernet Industrial. ....	- 98 -

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Automatización Industrial hoy en día se ha convertido en un eje primordial para mejorar el rendimiento y la eficiencia de las funciones operacionales de una empresa industrial moderna. La recopilación de datos en el momento y punto de origen, integrarse al ciclo de procesamiento y control de las operaciones para luego actualizar las bases de datos en forma automática, permite la toma de decisiones operacionales, tácticas y estratégicas más eficaces independientemente cuál sea la propia naturaleza de la empresa o industria.

Los procesos industriales que han sido automatizados tienen estrategias básicas dirigidas hacia el cumplimiento de diversos objetivos: optimización, incrementar la productividad y redefinir la forma en que las Plantas Industriales operan de forma cotidiana. En las infraestructuras modernas de automatización la necesidad de recopilar información ha empujado que la utilización de los datos se incremente de manera exponencial. Los datos son vitales para la mejora en la eficiencia de los procesos, seguridad y una mejor toma de decisiones. Un claro ejemplo de ello es la generación de información que puede brindar un Airbus 350, hasta 205 terabytes de datos cada día con un total de hasta 6,000 sensores. En comparación, el modelo Airbus 380 cuenta con un aproximado de 10,000 sensores por ala, lo que indica un crecimiento potencial de datos.

La información y el conocimiento fluyen desde muchas fuentes en aplicaciones de infraestructura: desde tanques de aceite y tuberías, reactores nucleares, sistema de transporte de agua potable y aguas residuales, plantas de producción, entre otros varios escenarios. Antes que los datos de una planta sean utilizados por un sistema de soporte de negocios, tienen que ser comunicados desde los sensores de campo y control hacia el sistema Supervisor, Control y Adquisición de Datos (SCADA). En esta etapa, los datos son supervisados por los departamentos de producción para luego poder ser suministrados a niveles gerenciales.

La actual tendencia en las diferentes industrias, plantas de producción y servicios, es de encaminarse hacia sistemas de producción basados en Ethernet, la cual provee una fácil integración en la Internet y la Intranet, altos anchos de banda en el orden de

Gigabits por segundo y con una importante reducción en los costos por cables, conectores, switches y enrutadores especificados industrialmente.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar una propuesta de diseño de una Red Ethernet Industrial en la interconexión de diferentes Células de Automatización y Áreas de Proceso en la Planta principal de Cervecería Centroamericana ubicada en la tercera avenida norte final, interior Finca El Zapote Zona 2, Ciudad de Guatemala, Guatemala. Por razones de confidencialidad en este documento se referirá como Planta de Cervecería únicamente.

Dicha Planta de producción de cerveza ha experimentado un crecimiento importante en la demanda de sus diferentes productos, lo que ha llevado a realizar ampliaciones en su capacidad productiva de la empresa: incorporación de nuevas líneas, maquinarias, sistemas de embotellados, entre otras. De igual forma el consumo de energía eléctrica ha incrementado en función de los factores varios que se han planteado con anterioridad. La alta demanda del producto terminado y la búsqueda de una plataforma productiva más eficiente ha requerido la implementación de dos sistemas para recopilar la mayor cantidad de información de los diferentes procesos. Estos sistemas son: Medición de Energía y ejecución de producción a Nivel de Planificación. Con la incorporación de un nuevo sistema MES de FoxBoro (WonderWare Schneider Electric)<sup>1</sup> y la ampliación en los puntos de medición de energía StruxureWare de Schneider Electric<sup>2</sup>, es necesario introducir una nueva estructura de comunicación – para el caso de MES- industrial de alto desempeño y bien estructurada; y para la expansión en el sistema de monitoreo de variables eléctricas es imprescindible modernizar su infraestructura e independizarla.

---

<sup>1</sup> MES: Sistemas de Ejecución de Manufactura es una plataforma para gestión eficiente de producción.

<sup>2</sup> StruxureWare: Software para monitoreo y optimización de energía en un edificio o planta.



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Presentar una propuesta de diseño para la implementación de una Red Ethernet Industrial en la Planta de Cervecería para la Red de Medición de Energía y Sistema MES.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las Células de Automatización en las que se ubicarán los elementos estructurales de comunicación.
- Determinar una topología de red física y lógica que abarque las áreas de producción seleccionadas con sus respectivas Células de Automatización.
- Proponer los medios de transmisión adecuados por cada segmento en la topología sugerida.
- Plantear una solución técnica basada en selección de equipos para la construcción de la Red Ethernet Industrial.
- Elaborar un presupuesto de inversión en referencia a la solución técnica planteada.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La implementación de una Red de Comunicaciones de Ethernet Industrial en la Planta de Cervecería implica una unificación estructural de todos sus procesos productivos a nivel de monitoreo, control y administración de recursos sobre los cuales operaran diferentes softwares, con el objetivo de recopilar la mayor cantidad de información en el preciso momento que se le requiera y, así, tener datos confiables que sirvan en pro de tomar las mejores decisiones.

La separación de la Red Industrial de una la Red de Oficinas conlleva tres puntos principales, los cuales son:

- Confidencialidad: preservar restricciones autorizadas a la información.
- Integridad: resguardo de la información transmitida contra corrupción, modificación o destrucción.
- Disponibilidad: asegurar un acceso confiable y sin retardo al uso de la información.

Los equipos instalados en el campo están expuestos a altas temperaturas, excesivas vibraciones y demás condiciones del medio que afectan directamente en la integridad de los datos y la disponibilidad. Como ha sucedido ya en varias ocasiones este tipo de dificultades en la Planta de Cervecería al perder la comunicación con algunos medidores de energía y por consiguiente lapsos de tiempo con registros vacíos. Poder contar con equipos robustos que junto con los medios de físicos de transmisión garanticen la integridad y alta disponibilidad, es sumamente importante. Llevar a cabo la integración de los niveles de Supervisión, Planificación y Gestión dará a la compañía, mediante una infraestructura de red confiable, las herramientas necesarias a los Departamentos de Servicios, Departamentos de Mantenimiento, Departamentos de Producción y los niveles corporativos de Gerencia.

Uno de los puntos de mayor impacto es la integración de las diferentes áreas de producción y sus islas de automatización en varios bloques o segmentos de red, donde los sistemas de control puedan optimizar la utilización de recursos que cada uno brinde al siguiente proceso productivo. Esto quiere decir que si existe un fallo en un área

determinada las demás puedan conocer de éste y poder tomar medidas antes que el fallo se propague de forma secuencial.

### **3.1. Descripción del Problema**

Durante los últimos años la Planta de Cervecería ha visto triplicada, y a punto de cuadruplicar la demanda de sus productos, y por consiguiente aumentada su capacidad productiva. Este crecimiento ha impulsado las mejoras desde la parte de infraestructura física para la incorporación de nuevas líneas, maquinarias, silos, áreas de embotellado, calderas, ollas de cocimiento, tanques de fermentación, entre otras ampliaciones. Así como nuevos o mejoras en los servicios de suministro interno: sistemas de distribución de energía, ampliación en los pozos de agua para el suministro hacia la planta, entre otras. Los constantes cambios que se han visto en una misma área de producción en un lapso menor a 5 años no permitieron realizar la conceptualización de una infraestructura de Red de Comunicaciones Industriales que acompañara de forma coordinada y ordenada el crecimiento que la Planta ha estado experimentando.

Las mejoras y ampliaciones se han venido presentando en ordenes de prioridad contemporáneos a las necesidades que se han presentado, a partir de ello se fueron creando pequeñas Células de Procesos, Células de Automatización y hasta ir conformando Islas Automatizadas por áreas. De esta misma forma los puntos de medición de energía se vieron incrementados en una relación directamente proporcional. La necesidad de poder centralizar la información de las diferentes áreas de proceso donde se contaba con nodos de comunicación o puntos de acceso pertenecientes a las redes locales para al menos detectar posibles alarmas de fallo o paros de producción forzó que la infraestructura de red para oficinas facilitara el medio de comunicación hacia las diferentes islas de automatización. Cabe mencionar que todos los ingenieros jefes de áreas se encuentran ubicados en un mismo nivel del edificio de Oficinas Técnicas.

En un principio la conexión de las computadoras de los diferentes ingenieros jefes de áreas por medio de las redes de oficinas constituyó una medida funcional aun con ciertas limitaciones como: permisos de acceso, alto tráfico, entre otras situaciones presentadas. Sin embargo, diferentes situaciones se han presentado en razón al crecimiento de la compañía tanto en la gestión administrativa (personas con computadores en las redes de oficinas), así como la incorporación de nuevos Controladores Lógicos Programables (PLC) y los Sistemas de Control Distribuidos (DCS) para controlar diferentes áreas o procesos. Algunas de las situaciones más críticas que se han presentado han sido intentos de accesos hacia las Células de Automatización por parte de personal no autorizado, duplicidad de direcciones IP, dispersión de virus en las estaciones de monitoreo y de ingeniería de las diferentes áreas, pérdidas de comunicación hacia las estaciones de control conectadas a las redes de oficinas debido inadecuados medios físicos de comunicación.

En la medida que los puntos de medición de energía fueron incrementados en cantidad, la velocidad con la que los datos desplegados en la plataforma de StruxureWare se actualizaba se extendió al punto de presentar refrescamientos de valores hasta 1 ó 2 minutos. Luego se ha sumado la pérdida de comunicación con algunos sitios en lapsos de tiempo de varios minutos hasta días. Estas situaciones presentaron dificultades sustanciales debido a que la información presentada en los reportes diarios, semanales y mensuales sobre consumos de energía, horas mayor demanda y otros; dejó de ser totalmente fiable.

### **3.2. Delimitación del tema**

Para el presente trabajo se tienen 2 sistemas: Monitoreo y gestión: medición de energía y Planificación de Producción, basados sobre un nivel comunicación Ethernet. La inter operabilidad entre los sistemas mencionados y las células de automatización correspondientes a su área no serán profundizados debido a la complejidad y duración.

Los niveles de seguridad entre la Red Industrial Ethernet y las diferentes redes de oficinas están fuera de los objetivos del presente trabajo. De igual forma la segmentación, rutas de comunicación y filtros de la red industrial propuesta no serán abordados en este trabajo.

La dinámica de flujo de comunicación dentro de la pirámide de automatización se encuentra fuera de los objetivos, por lo cual no serán abordados. Así como el funcionamiento de los sistemas de medición de energía y gestión de producción.

### **3.3. Alcances**

La presente propuesta de implementación de una Red Ethernet Industrial pretende brindar un planteamiento estructural de comunicación entre las diferentes áreas de proceso que se adecue a las condiciones operacionales que se encuentran en las áreas de producción y proceso de la Planta de Cervecería, para las dos plataformas: Medición de Energía y MES.

Las áreas de proceso involucradas con el sistema de Medición de Energía son: Sala de Máquinas, Obra 3, Calderas, Salón 2, Sub Estación 2, Salón 3 y 5, Generadores y Sub estación 1. Respecto a la plataforma de MES se tomarán en cuenta las siguientes áreas: Sala de Máquinas, Salón 5, Salón 4, Sub Estación 2, Salón 2, Calderas y Casa de Cocimientos.

La propuesta contempla únicamente las áreas de los diferentes procesos industriales para estipular una topología de red que satisfaga las necesidades las dos plataformas, Medición de Energía y MES. De igual forma las consideraciones técnicas de los medios de transmisión actualmente instalados en base a su ubicación.

#### **4. ANTECEDENTES**

La Planta de Cervecería ha sufrido diferentes mejoras y ampliaciones en los últimos años debido a diversidad de productos fabricados en sus diferentes versiones, una creciente demanda en el mercado de Guatemala, exportación hacia algunos países Centroamericanos y la incursión en diferentes regiones del mundo: Europa, Norte América, por citar algunos ejemplos.

Hace tan sólo unos 10 años la medición de energía en el complejo se realizaba de forma manual, inicialmente en las acometidas principales del servicio de suministro de energía por cada sub estación eléctrica, en hojas de registros de datos o bitácoras. Posteriormente los puntos de medición se vieron incrementados a medida que nuevas líneas de producción se incorporaban, la necesidad suministrar energía eléctrica a diferentes áreas, y demás sectores por razones circunstanciales. Cuando aún se continuaba realizando la recopilación de datos en forma manual por el personal técnico de la planta.

Al verse aumentadas las estaciones de monitoreo de energía y sobrepasando una cantidad de 60 puntos, se decidió implementar de forma aislada micro redes operando bajo estándares de comunicación RS-485 y en los cuales una cantidad determinada y sectorizada de medidores de energía proporcionaban la información mediante hojas de reporte y cálculos en formato Excel. El personal técnico continuaba realizando rutinas de recopilación de parámetros con sus computadores hacia las diferentes áreas. Hasta llegar a la necesidad adquirir un software centralizado que gestionara los diferentes parámetros producidos por cada una de las micro redes anteriormente creadas.

Fue necesario la implementación de pasarelas para convertir de un protocolo de comunicación Modbus RTU sobre RS-485 hacia el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP sobre Ethernet. La centralización de la información se llevó a cabo en pequeñas etapas utilizando la estructura física de Ethernet perteneciente a las diferentes redes locales de oficinas. En donde la mayoría de los puntos de medición de energía fueron integrados a la primera plataforma de StruxureWare. Donde se requería extraer los datos se instalaron puntos de acceso a las redes de oficinas mediante switches de comunicación que normalmente se implementaban en las de redes informática.

En virtud del constante crecimiento, apenas hace dos años se contaban con alrededor de 155 medidores de energía distribuidos en áreas diversas de la planta, oficinas, subestaciones y transferencias automáticas de los moto-generadores; y los cuales forman parte de la estructura física de las redes de oficinas. Eventualmente algunos switches instalados en área de las sub estaciones han fallado, sobre todo aquellos que se encuentra dentro de los tableros principales de distribución de energía en 480V AC y corrientes de hasta 2,500A.

Relacionado con las diferentes Células de Automatización existentes dentro de la planta, estas han funcionado de forma independiente. La gestión de cada una de ellas se realiza de forma local mediante procedimientos definidos por las diferentes jefaturas asignadas, con lo cual cada área es responsable de realizar sus reportes de producción, horas efectivas trabajadas, horas sin operación, eficiencia y demás actividades. La implementación de una plataforma MES es una nueva etapa en la unificación de los diferentes procesos que se llevan a cabo. Cabe mencionar que en las diferentes Células de Automatización existentes se pueden encontrar controladores o sistemas de los fabricantes: Siemens, Schneider Electric, Allen Bradley, Foxboro, entre otros.

## **5. MARCO TEÓRICO**

### **5.1. Comunicaciones Industriales**

#### **5.1.1. Introducción**

Los primeros sistemas de control de procesos eran completamente analógicos, dispositivos simples con formatos de señales que eran esencialmente determinadas por los requerimientos de una arquitectura y con un número mínimo de Unidades de Procesamiento Central (CPU) excesivamente caros. Las redes fueron introducidas dentro de la automatización industrial a principios de 1970 y utilizadas de primero en sistemas de Control Digital Directo (DDC) entre computadores y periféricos (Entradas y Salidas o IO). Con el paso del tiempo, fueron usadas en DCS y PLC para conectar el controlador con la consola de operación. Sin embargo, las comunicaciones digitales en dispositivos pequeños como transmisores a nivel de planta no fueron vista hasta la década de 1980, y las verdaderas redes de buses de comunicación en instrumentos de campo no ganaron gran aceptación sino hasta la década de 1990.

En el otro extremo, las corporaciones multinacionales conectaban sus plantas a lo largo del globo con su casa matriz por medio del internet. La coordinación de producción y otras áreas del negocio se han convertido en parte integral de la estructura de la tecnología de la información corporativa. Dando así paso en las industrias y corporaciones la necesidad de los Departamentos de Informática o Tecnologías de la información (IT).

Las redes han hecho posible recolectar más información de la planta y diseminarla a lo largo y ancho de la empresa. Componentes distribuidos geográficamente con basta “inteligencia” son ahora esperados que puedan trabajar juntos. Las redes se han convertido en parte esencial para la automatización y están cambiando la manera en que las plantas y fábricas trabajan.



### **5.1.2. Redes de Comunicación Digital**

Muchas redes, como teléfono, radio y televisión; son esencialmente analógicas. Sin embargo, la tendencia es definitivamente hacia la digitalización de todas las comunicaciones. Así que también las redes utilizadas en la automatización son predominantemente digitales, eso quiere decir, datos enviados en forma serial entre los dispositivos en forma de unos y ceros. Las comunicaciones digitales hacen ahora posible la transferencia de datos entre dispositivos como: transmisores, posicionadores de válvulas, controladores, estaciones de trabajo y servidores.

Una de las principales ventajas de la comunicación digital es gran cantidad de información que puede ser comunicada en un solo cable. En lugar de un solo cable por cada una de las variables, miles e incluso millones de piezas de información puede ser comunicadas a lo largo de un solo cable de red. Esto hace posible extraer mucha más información de cada dispositivo en comparación a lo que realísticamente era posible usando señales analógicas.

Un computador puede comunicarse con otros ordenadores de mayor capacidad para obtener información sobre el consumo de materias primas, los factores que influyen en la producción y en su rendimiento, y los datos analíticos que se utilicen en la optimización de la planta, Y, como es lógico, esta información actual obtenida del proceso es accesible a la Dirección Gerencial, que puede utilizarla para el control de costos de la planta.

Por ejemplo, antes que las comunicaciones digitales fueran introducidas era imposible transmitir remotamente algo que no fuera una entrada o salida. La sintonización y establecimiento de los puntos de control tenían que hacerse localmente. Por esta razón todos los controladores tenían que ser colocados en enormes gabinetes a lo largo de las paredes del cuarto de control y poder así habilitar la operación directamente desde la cubierta del controlador. Sensores y actuadores eran cableados a sus controladores utilizando un par dedicado de conductores individualmente y transmitir nada más que una variable individual de proceso o de manipulación.

### **5.1.3. Áreas de Aplicación**

Las redes son usadas en todas las áreas de Automatización: industrial, de procesos y edificios, donde las redes cumplen diversas tareas. Seguramente, hay diferencias claras entre tareas realizadas para aplicaciones en diferentes sectores de la industria que todas poseen características únicas y, por consiguiente, diversos requisitos. La forma en lo que los dispositivos son conectados, configurados y la forma en que intercambian datos también difiere.

En las redes industriales no existe lo que conoce como: una solución que encaje en todo; más bien los buses son optimizados para diferentes características según sea su aplicación. Por ejemplo, en la automatización industrial y automatización de procesos son a menudo usados en ambientes rudos y peligrosos donde las personas, la naturaleza maquinarias con alto costo están en juego o donde la interrupción del proceso productivo es costosa. Estos requisitos contrastan de forma significativa con la automatización de edificios, en los llamados hoy en día Edificios Inteligentes parte del concepto *Building Automation*<sup>3</sup>, en donde mantener los costos lo más bajo posible es la principal tarea por alcanzar.

#### **5.1.3.1. Automatización Industrial**

Industrias con líneas de ensamblaje de manufactura, como la automotriz, embotellado y la industria de maquinaria; contienen en su mayoría controladores que utilizan lógicas discretas y sensores que detectan estados: si o no. Por ejemplo, una banda transportadora detecta si hay una caja en frente del sensor. Los tipos de redes ideales para IO discretas simples se enfocan en baja sobrecarga y paquetes de datos pequeños, sin embargo, son inadecuados de manejar grandes mensajes como es descargar configuración y tareas similares. Algunos ejemplos de este tipo de redes son: Seriplex, Interbus, AS-I (AS-Interface), que incluso son consideradas o llamadas buses de sensores o buses de nivel bit. Algunos protocolos más avanzados orientados hacia la lógica discreta incluyen los conocidos: DeviceNet, ControlNet y Profibus DP (de los cuales se abordarán en los siguientes apartados). A los cuales normalmente se refieren

---

<sup>3</sup> Sistema de control distribuido para automatizar las funciones de un edificio como: calefacción, ventilación, iluminación, aires acondicionados, controles de acceso, entre otros.

como buses de dispositivos o buses de nivel byte. La automatización industrial comprende maquinarias de movimientos rápidos, y, por tanto, requiere respuestas más rápidas que procesos lentos. Normalmente, estas tareas han sido manejadas por los controladores lógicos programables, PLC.

#### **5.1.3.2. Automatización de Procesos**

Dentro de la industria las plantas de procesos: refinerías, industria papelera, energía y químicas es común encontrar sistemas dominados por control de regulación continuos. La medición es analógica –lo que implica valores escalares para ser transmitidos de forma digital- y la actuación es de forma modular. Esto no quiere decir que la industria de procesos no utilice controles discretos porque si son de uso frecuente. En la actualidad los diferentes fabricantes a nivel mundial ofrecen la compatibilidad con buses de campo, por ejemplo, para válvulas de operación discreta abierta / cerrada; así como también pequeños módulos de entradas y salidas que pueden ser montados en lugares remotos y los cuales son utilizados para sensores discretos. En años anteriores todas las señales debían ser cableadas de forma individual hacia el DCS, PLC o controladores de lazos simples únicos.

Tres protocolos fueron especialmente diseñados para alimentar los instrumentos de campo mediante el bus comunicación utilizando parámetros y comandos definidos para información de gestión de activos tales como: identificación, diagnostico, materiales de construcción y algunas funciones que se utilizan durante la calibración y comisionamiento. Partiendo del tamaño, las redes usadas en la automatización industrial son consideradas para construir Redes de Área Local (LAN) las cuales cubren áreas no más grandes que uno o dos kilómetros de diámetro y que a menudo se encuentran confinadas en un solo edificio o varios edificios circundantes, como es el caso de Planta de Cervecería.

#### 5.1.4. Razones de uso

A continuación, se indican algunas de las principales razones del porqué Ethernet Industrial ha ganado auge en la automatización y los sistemas de control modernos.

- **Interoperabilidad:** Ethernet no elimina la necesidad de protocolos de bus de campo, al contrario, TCP/IP sólo son eslabones del modelo de comunicación. La posibilidad de conectar dos dispositivos a través del mismo medio sin conflictos es importante. Lo cual permite a Ethernet la bondad de que varios protocolos puedan convivir entre ellos, utilizando si es necesario el mismo medio físico que se usa para conectar los computadores de oficinas o industriales, cámaras de vigilancia, e incluso las impresoras en red.
- **Plug'n'Play:** La conectividad de Ethernet, y la facilidad de los equipos que utilizan esta tecnología se encuentra al alcance de todos los usuarios, pudiendo realizar las labores de instalación y configuración mediante software rápida y fácilmente.
- **Robustez industrial:** Una caída en la red industrial puede ser extremadamente dañina a los servicios de control, así Ethernet está preparada para estos fallos. Ethernet suele utilizar varios niveles de redundancia que refuerzan las comunicaciones de los componentes. Adicionalmente esta redundancia de cableado, Ethernet es capaz de activar/desactivar rutas alternativas para la comunicación cuando se produce un fallo, gracias a los protocolos de nivel de enlace de datos como Spanning Tree. La fibra óptica utilizada en Ethernet puede utilizarse en varias áreas donde se necesitan cubrir grandes distancias e incluso en zonas donde la interferencia electromagnética es muy elevada.

- **OPC:** El punto de unión donde Ethernet y el software llevan a unirse. “OLE for Process Control” (OPC) es un estándar de comunicación es el campo de control y supervisión de procesos. Este estándar permite que diferentes fuentes de datos envíen datos a un mismo servidor OPC, al que a su vez podrían conectarse diferentes programas compatibles con dicho estándar. De este modo se elimina la necesidad de que todos los programas cuenten con drivers para dialogar con múltiples fuentes de datos, basta que tengan un driver OPC. Este sistema de control elimina la inaccesibilidad que dejan ciertos softwares al acceso de los datos asociados con los sistemas de Ethernet Industrial. Desde un OPC Server se construye un modelado de objetos que hace referencia a la información de los dispositivos. Desde este momento cualquier estación de control en Ethernet puede acceder a estos datos y la información puede ser distribuida por acceso de terceros softwares.
- **Control y mantenimiento remoto:** Los controladores suelen estar dotados con servidores WEB, los cuales tienen acceso a los datos de proceso y de los equipos.
- **Más allá del cableado físico:** En algunas situaciones la instalación de cableado puede llegar ser muy caro, y por otro lado cuando se cuenta con equipos que deben estar en movimiento. La solución mediante Wireless Ethernet ofrece los beneficios de Ethernet sin necesidad de cableado.

## **5.2. Pirámide de Automatización**

### **5.2.1. Introducción**

En este trabajo es importante abordar el tema de la Pirámide de Automatización debido a que las diferentes etapas ya se encuentran disponibles en Planta de Cervecería y en donde la interconexión de los escalones jerárquicos más altos se logrará por medio de la implementación de la Red Ethernet Industrial que el presente trabajo propone como una solución ante las dificultades que se han presentado en las diferentes áreas de producción y a los diferentes niveles organizacionales.

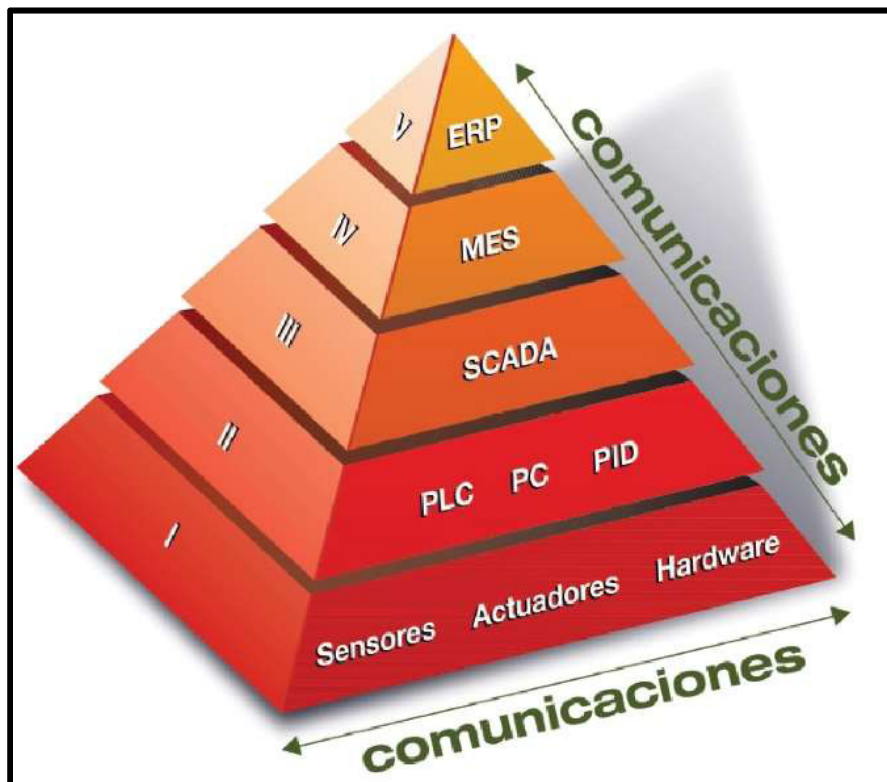
La automatización de los procesos productivos, según el fabricante Siemens, es uno de los aspectos que más ha evolucionado en la industria desde sus comienzos. La integración de tecnologías clásicas como la mecánica y la electricidad con otras más modernas (electrónica, informática, telecomunicaciones y demás) está haciendo posible esta evolución. Esta integración de tecnologías queda representada en la llamada "Pirámide de Automatización", que recoge los cinco niveles tecnológicos que se pueden encontrar en un entorno industrial. Las tecnologías se relacionan entre sí, tanto dentro de cada nivel como entre los distintos niveles a través de los diferentes estándares de comunicaciones industriales.

La estructura ordenada de la pirámide de automatización implica una estrategia gradual de automatización, avanzando según una serie de etapas:

- Células, racionalizar la planta
- Islas de automatización, para aplicar automatización y sistemas de control a la planta
- Integración de islas en sistemas flexibles de manufactura
- Integración de planta
- Integración de los sistemas de control y planeación de manufactura

Una estructura piramidal de automatización permite que su cúspide se encuentre al nivel de las políticas empresariales, por lo que la información recopilada en sus niveles inferiores hace posible la toma de decisiones importantes para la compañía. Es decir, las denominadas islas de automatización (PLC, DCS, robots, máquinas de control numérico) se integren en un sistema de control jerarquizado y distribuido que permita la conversión de decisiones de política empresarial en operaciones de control de bajo nivel.

En la FIGURA 1: Pirámide de Automatización. se muestra la pirámide de automatización donde se especifican los 5 niveles y debido a su funcionalidad los equipos o sistemas que conforman la misma.



*FIGURA 1: Pirámide de Automatización.*

Este trabajo abordará los cinco niveles de la pirámide automatización vistos desde una perspectiva funcional compacta.

## **5.2.2. Niveles de la Pirámide de Automatización**

A continuación, se listan los niveles que conforman la Pirámide de Automatización:

### **5.2.2.1. Nivel de Campo**

Es el nivel inferior donde podemos encontrar un conjunto de dispositivos físicos como actuadores lineales o rotativos, válvulas de proceso, sensores, motores eléctricos, entre otros; subprocesos, maquinaria en general con la que se realizan las operaciones elementales de producción de la empresa.

### **5.2.2.2. Nivel de Control**

En este nivel están los distintos dispositivos de lógicos de control y monitoreo, tales como PLC, Interfaces de Hombre – Máquina (HMI), variadores de frecuencia, servo drive, ordenadores industriales, tarjetas de control, y demás. Este nivel se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos del campo. A este nivel se proporciona información de actuación directa al Nivel de Campo y de estado al Nivel de Supervisión.

### **5.2.2.3. Nivel de Supervisión**

Es el encargado de controlar la interacción entre los distintos dispositivos ubicados en el Nivel de Control. De esta forma, se puede controlar y monitorear diferentes procesos al mismo tiempo. Incluye PLC maestros y sistemas SCADA. A través de los operadores o sistemas informáticos se pueden realizar las siguientes tareas:

- Adquisición y tratamiento de datos
- Monitorización
- Gestión de Alarmas y asistencias
- Mantenimiento Correctivo y Preventivo
- Programación a corto
- Control de calidad



- Sincronización de células
- Coordinación de transporte
- Seguimiento de lotes
- Seguimiento de ordenes de trabajo

El Nivel de Supervisión recibe los programas de producción, calidad, mantenimiento, entre otros; provenientes del Nivel de Planificación y realimenta dicho nivel con las incidencias (estado de ordenes de trabajo, situación de máquinas y estado de la obra en curso) ocurridas en planta.

#### **5.2.2.4. Nivel de Planificación**

A este nivel se encuentran los sistemas de ejecución de la producción o MES, donde se gestionan los flujos de trabajo para producir u optimizar los productos finales. En el Nivel de Planificación se realizan las siguientes tareas:

- Programación de Producción
- Gestión de Compras
- Análisis de costes de fabricación
- Control de inventarios
- Gestión de recursos de fabricación
- Gestión de Calidad
- Gestión de Mantenimiento

El Nivel de Planificación emite los programas hacia el Nivel de Supervisión y recibe éste último las incidencias de planta. Del Nivel de Gestión recibe información consolidada sobre:

- Pedidos en firme
- Previsiones de venta
- Información de ingeniería de producto y de proceso

Y envía información relativa a:

- Cumplimiento de programas
- Costos de fabricación
- Costos de Operación
- Cambios de ingeniería

#### **5.2.2.5. Nivel de Gestión**

Este es el nivel más alto y es el que se encarga de controlar toda la planta. En este nivel también se puede vincular la planta con sistemas de control y monitoreo externos. Cuenta con los sistemas de Gestión Integral de la Empresa (ERP)<sup>4</sup> ya que se encuentra a nivel corporativo. El Nivel de Gestión emite al Nivel de Planificación información sobre la situación comercial (pedidos y provisiones), información de ingeniería de producto y de proceso.

---

<sup>4</sup> ERP, por sus siglas en ingles se refiere a la Planificación de Recurso Empresariales los cuales son sistemas informáticos destinados a la administración de recursos en una organización.

### **5.3. Sistemas de Control Integrado y Sistema MES**

#### **5.3.1. Introducción**

En los años 90, las empresas tendían a eliminar procesos innecesarios, aumentar la automatización, entre otras actividades. Hoy en día, y debido principalmente a la fabricación competitiva las tendencias son:

- Crecimiento de las aplicaciones de control avanzado
- Aplicación continua de las tecnologías punteras
- Aplicaciones independientes de la plataforma Hardware
- Aumento de la inteligencia de campo
- Cambio de sistemas propietarios a abiertos. El sistema abierto es, para unos, un sistema que sigue determinado estándar. Para otros que sea Plug'n'Play, Para otros que funcione en Windows; la aceptación general es que es un sistema basado en estándares públicos y sistema genérico. Ideal que el sistema sea accesible con una base de datos y una ventana única
- Integración del control y la información en los diferentes niveles de la planta, es decir, unir los sistemas de control del proceso con los Sistemas de Gestión de la Información (CIM)
- Control en tiempo real de las variables de gestión (costos, calidad, planificación, características y trazabilidad de productos, energía, stock, entre otros) las cuales permitan una administración empresarial de alto nivel con una buena planificación de la fábrica y la disponibilidad de la información necesaria a la dirección
- Mejor ciclo de vida
- Satisfacer las demandas de los clientes de productos de alta calidad y entrega rápida, y optimizar el periodo de retorno de sus activos de inversión mediante información adecuada en tiempo real para la toma de decisiones de la empresa

### 5.3.2. Integración de Control: MES

MES es un sistema que agrupa varios sistemas los cuales proporcionan la información necesaria para optimizar los procesos productivos desde el lanzamiento de la orden de fabricación hasta el producto acabado, aportando beneficios específicos que se focalizan en las actividades de producción. El concepto MES se estableció en Boston en 1992 por la AMR Research Inc. como el nivel de ejecución de las actividades de manufactura, el cual existe entre la empresa y el sistema de control, que provee esta visibilidad y control funcional.

La contribución más importante de los sistemas MES es que unifican los procesos de manufactura centrales con un sistema de valor de entrega enfocado en los requerimientos y demanda de los clientes. Ofrece información acerca de las actividades de producción, brindando apoyo al proceso de decisión a través de la empresa, debido a la flexibilidad, la ejecución de tiempo real, la retroalimentación y control de un extenso rango de procesos relacionados con la manufactura.

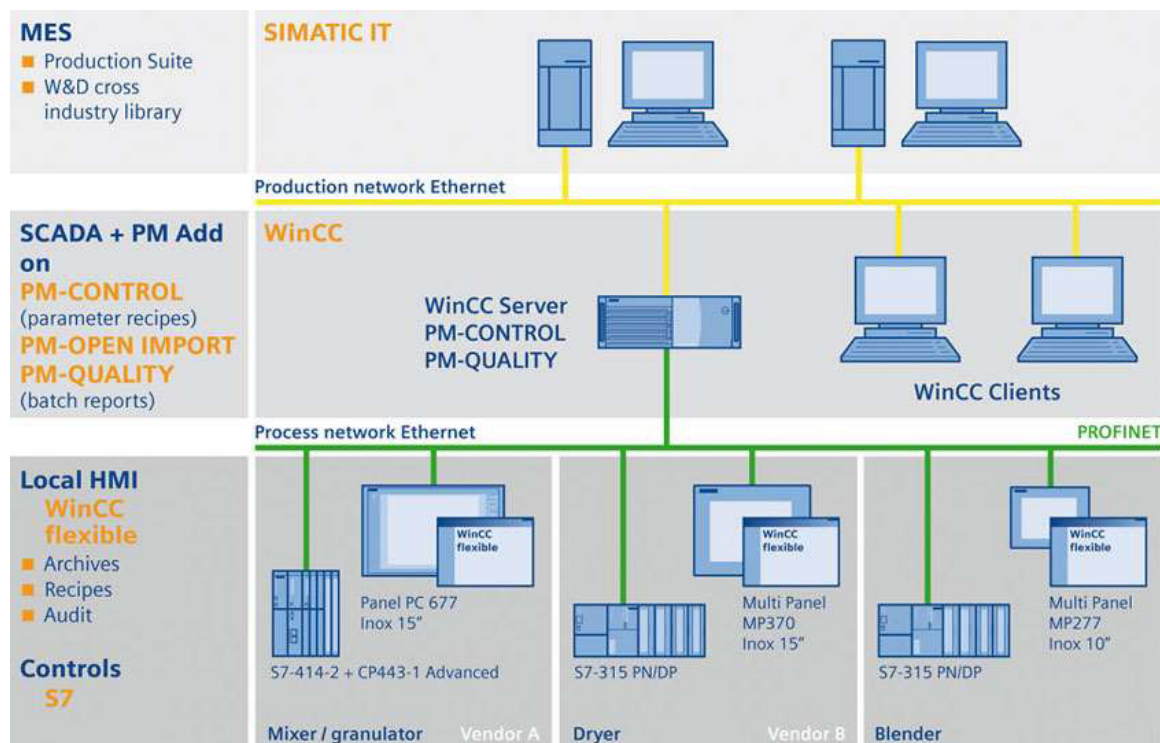


FIGURA 2: Integración de MES con los niveles inferiores de la Pirámide de Automatización, incluso con diferentes células.

Una plataforma MES se alimenta en tiempo real y en línea de datos provenientes de otros sistemas (historiadores de proceso, HMI/SCADA, servidores OPC, bases de datos relacionales como Oracle, SQL Server, entre otros), y los convierte en información para la toma de decisiones. Algunos de estos productos MES entregan sus resultados también a otros softwares como los sistemas conexos ERP (SAP, Baan y JDEdwards).

El intercambio dinámico de datos y el estándar Object Linking and Embedding (OLE) permite la visión y representación de los datos del proceso mediante hojas de cálculo y esquemas reales del proceso con los datos dinámicos reales. El sistema de información presenta, a los usuarios, la información significativa suficiente para que cada grupo pueda llevar a cabo su tarea de forma eficiente. La información de la fabricación es presentada en términos económicos siendo en general:

- Costo de mano de obra
- Materias primas, productos fabricados y rechazos
- Consumo de energía
- Tasa de fabricación y tendencias
- Utilización porcentual del proceso

De este modo, los sistemas y automatización actuales están diseñados para proporcionar una familia escalable de soluciones de control para satisfacer la mayor parte de las necesidades de automatización de los procesos industriales, teniendo en cuenta que la fabricación competitiva obliga a las empresas a efectuar una labor de control de costos, a operar desde un sistema abierto ( y así, poder contar con instrumentos de diferentes fabricantes), y a unir los sistemas de control de proceso con los sistemas de gestión de la información.

En la Figura 3 se logra apreciar la información que el sistema MES presenta como un conjunto de una planta. En donde los diferentes parámetros a desplegar brindan datos en tiempo real, según sean definidos por el perfil de usuario o usuarios.

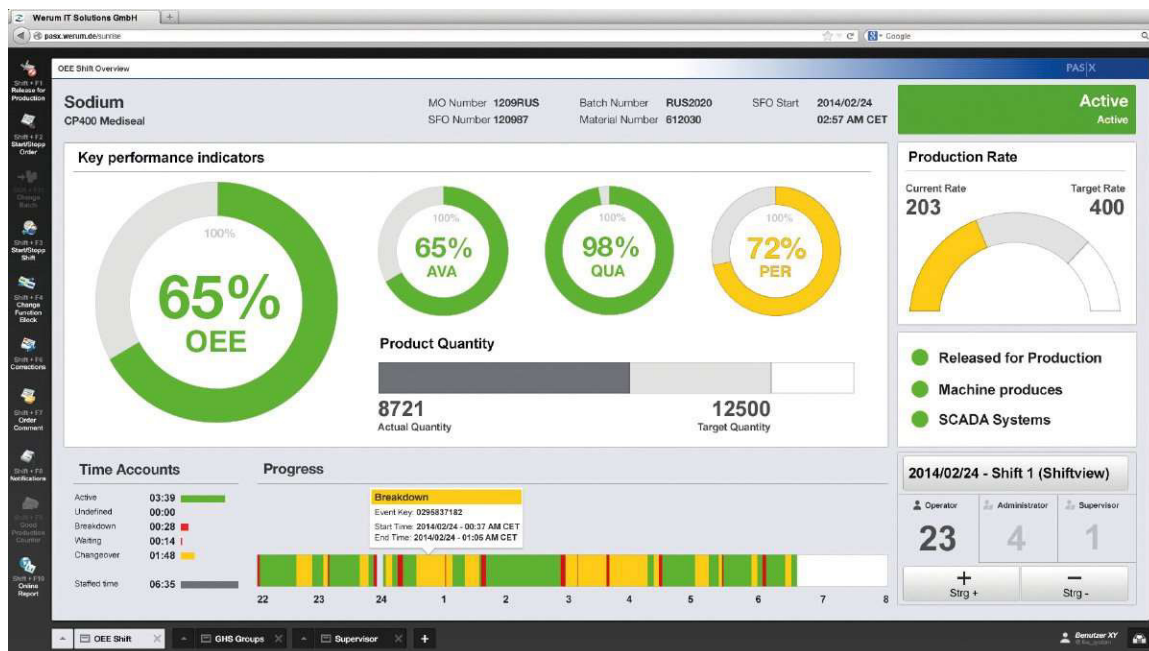


FIGURA 3: Información presentada por un sistema MES sobre una planta de producción.

Un esquema de la gestión total integrada de la planta son plataformas que intervienen en un concepto de juntar el control automático de la planta de producción junto con la administración de sus diferentes recursos disponibles para la evaluación como un todo, tendiendo la mayor cantidad de información para tomar las medidas necesarias en pro de optimización total. Algunas de las plataformas líderes en este tipo de sistemas de gestión total integrada, son las siguientes: Total Integrated Automation (TIA PORTAL) / MES SIMATIC IT por Siemens, MES Foxboro Schneider Electric, Symphonite & Trace de Honeywell, ANT MES, FactoryTalk® VantagePoint EMI de Rockwell Automation, entre otros; todos conforme al estándar ISA S95.

El sistema de control integrado es un sistema de sistemas, ver Figura 4, es decir, considera la integración de los sistemas existentes o que puedan añadirse a una planta. Los sistemas deben estar conectados mediante una red de datos industrial. Desde un punto de vista funcional, los principales componentes del sistema integrado son:

- Control básico distribuido y control avanzado
- Sistema de almacenamiento de datos y supervisión de la operación
- Sistema de despachador y/o gestión de alarmas
- Sistema de gestión de laboratorio
- Sistema de gestión de la producción
- Red de comunicaciones
- Interfaces entre instrumentos
- Sistema de gestión de seguridad de la planta
- Sistema de gestión de la calidad (ISO 9000:2000)
- Interfaz de gestión de comunicaciones entre instrumentos
- Gestión de calibraciones

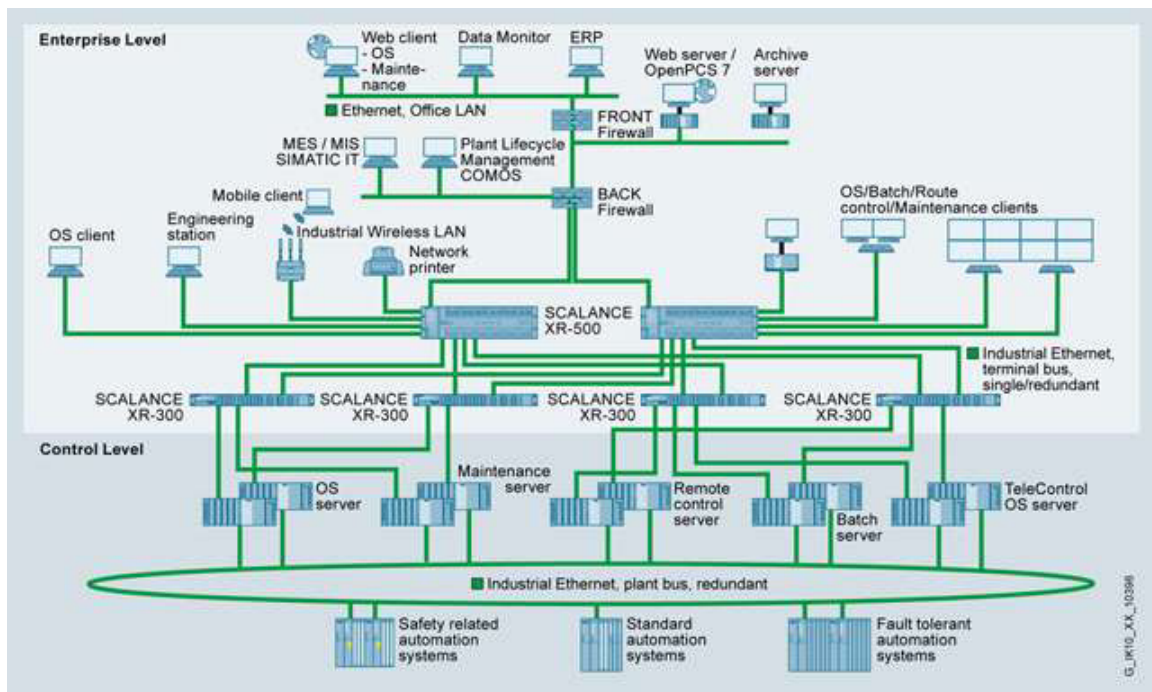


FIGURA 4: Arquitectura de un sistema de control integrado según Siemens.

## **5.4. Sistema en Planta y Sensores**

### **5.4.1. Introducción**

La evolución en la automatización industrial ha ido a la par con el desarrollo tecnológico. Específicamente la introducción de la tecnología de la comunicación permitió pasar de los clásicos sistemas centralizados, típicos en la década de los setenta, basados en equipos de altas prestaciones y de costo elevado a los actuales sistemas distribuidos, basado en equipos más sencillos conectados a través de redes de comunicación.

Los sistemas distribuidos pueden adquirir diferentes arquitecturas atendiendo a las necesidades de automatización de una planta. Así pues, se pueden encontrar instalaciones conectadas a través de una única red de comunicación dedicada, hasta sistemas más complejos formados por la combinación de dos o más redes de comunicación. Esto último ha dado lugar al establecimiento de una jerarquía de comunicaciones en el ámbito industrial, que obliga a analizar cuidadosamente los distintos requerimientos y prestaciones de cada nivel atendiendo a la función que realiza.

Por otra parte, los sistemas distribuidos y en especial los sistemas distribuidos de control han pasado a ser el corazón del sector industrial. En dichos sistemas un conjunto de acciones son llevadas a cabo por un número de ordenadores y dispositivos interconectados a través de una infraestructura de comunicación formando un lazo de control sobre un proceso dado. Básicamente, el sistema hace una medición de ciertas entradas y genera las salidas necesarias, las cuales son aplicadas al proceso a través de dispositivos de actuación. Todas estas acciones deben ser ejecutadas en intervalos específicos de tiempo, es decir, existen restricciones temporales de funcionamiento. En los sistemas distribuidos de control un retardo en una salida puede traer más o menos graves consecuencias dependiendo de su aplicación. Esto significa que las salidas generadas deben ser correctas tanto lógicamente como en el tiempo, lo que lo convierte en un sistema de tiempo real.



#### **5.4.2. Sistemas de fabricación**

En el sistema de fabricación se puede distinguir distintas características que condicionan tanto el proceso de material como de información. Se suelen distinguir tres tipos de sistemas de fabricación: Proceso continuo; Proceso discreto; Proceso por lotes o Batch.

- *Proceso Continuo*: Sistemas de fabricación en los cuales el modelo de proceso es continuo tanto en el tiempo como en el procesado de materiales (plantas de destilación) Una parte singularmente importante en estos procesos es la del control realimentado, en las que se adquiere información de los sensores, los controladores procesan dicha información, y se actúa sobre los accionadores. Pero además de esto procesado de información, la planta debe estar preparada para intercambiar datos con los sistemas SCADA que gestionan todo el proceso continuo
- *Proceso Discreto*: Sistemas de fabricación en los que se realiza de manera repetitiva una cierta acción o un conjunto de acciones (planta de fabricación de dispositivos electrónicos) En este sistema de fabricación se suelen utilizar mecanismos de control de eventos discretos, en los que las maquinas se intercambian señales de eventos que pueden efectuar tareas de sincronización y seguimiento del avance del procesado
- *Proceso en Batch*: Sistemas de fabricación en los cuales se realiza una parte del procesado de manera discreta y otra parte de manera continua. Los controladores de los procesos Batch suelen ser equipos preparados para mantener distintas recetas, para gestionar su aplicación y para hacer el seguimiento y control de cada edición

#### **5.4.3. Control Centralizado versus Control Distribuido**

En un sistema de control centralizado existe un único controlador donde confluyen todas las señales de entrada a muestrear, se procesan realizando todos los algoritmos necesarios de control y se generan todas las señales necesarias de salida. El sistema de control centralizado sincroniza las tres tareas mencionadas por medio del reloj local

del sistema.

Los sensores son dispositivos capaces de convertir el valor de una magnitud física en una señal eléctrica que convenientemente acondicionada se convierte en las señales de entrada a muestrear. Los actuadores traducen las señales eléctricas de salida que generalmente son de baja potencia, en alguna actuación en el sistema controlado, por ejemplo, la apertura de una válvula de regulación cierre de un contactor, giro de motor a una determinada velocidad, entre otras.

Muchos sensores comerciales incluyen un circuito de adaptación de señal de modo que su salida se comporta como una fuente de corriente variable en el rango de 4-20 mA, donde 4 mA significa el 0% de la variable medida y 20 mA significa el 100% de la variable. La transmisión de la señal en corriente se prefiere a la transmisión de tensión (por ejemplo, en el rango de 0-5V para representar el 0-100% del valor medido), ya que es más robusta al ruido electromagnético. Además, con la transmisión en corriente 4-20 mA es posible distinguir entre un cable roto puesto que no habrá conducción de corriente (0 mA) de un valor medido del 0% (4 mA).

Los sistemas centralizados dan lugar a costosos y pesados cableados punto a punto y la utilización de redes analógicas tanto para la conexión de sensores como para la activación de actuadores e indicadores. El sistema de control distribuido consiste en el enlace, por medio de una red de comunicaciones, de diversos nodos distribuidos físicamente, dotados de capacidad de proceso y enlazados a sensores y/o actuadores. Estos sistemas se caracterizan porque el proceso de control tiene lugar en estos nodos de manera coordinada.

Las redes de comunicaciones orientadas al enlace de estos nodos son conocidas también como buses de comunicaciones o redes multiplexadas. Los nodos de un sistema de control distribuido intercambian información entre ellos a través de mensajes que circulan por la red de comunicaciones. Los datos transmitidos por cada uno de los nodos están disponibles para cualquier de los nodos integrantes de la red. Los nodos con sensores producen mensajes que contienen los valores de las variables mediadas. Los nodos con actuadores toman de los mensajes de la red el valor a aplicar en el objeto controlado, por ejemplo, el grado de apertura de una válvula.

Un nodo es un procesador autónomo con su propio hardware: procesador (CPU), memoria, oscilador de reloj, interfaz de comunicaciones, e interfaz de IO hacia el subsistema físico que controla.

La unidad de interfaz de comunicaciones está compuesta por un controlador de comunicaciones que gestiona parcial o totalmente las comunicaciones y un transceptor que adapta las señales desde el nivel TTL a los requeridos por el medio físico de transmisión.

La interfaz de IO para el caso de los sensores incluye un amplificador y filtro que acondiciona la señal original generada por el sensor y un conversor analógico / digital para transformar la señal acondicionada analógica a un formato digital.

#### **5.4.4. Sensores inteligentes**

La tendencia de los sistemas de medida industriales actuales es acercar cada vez más la inteligencia al punto de medida, sustituyendo la transmisión de señales analógicas por la transmisión de datos a través de una red digital de datos. Un sensor puede considerarse inteligente si además del sensor o sensores propiamente dichos, en el mismo circuito integrado se incorpora otro u otros circuitos que realizan una de las siguientes funciones:

- Acondicionamiento analógico: amplificación y filtrado
- Conversión analógica – digital
- Procesamiento primario de la información (auto calibrado, linealización, validación de la mediada, entre otras)
- Compensación por variación de condiciones ambientales
- Conversión a unidades de ingeniería
- Auto diagnostico
- Salida de datos digital en unidades de ingeniería
- Comunicaciones con una red digital

## **5.5. Comunicaciones Serial**

### **5.5.1. Introducción**

Hoy en día es muy frecuente poder encontrar diferentes tipos de PLC en las plantas industriales, semi industriales y edificios; los cuales son utilizados para realizar procesos de tareas complejas hasta aquellas consideradas simples y básicas. Sin embargo, no necesariamente pueden ser PLC los que realicen estas tareas, también pueden ser robots, terminales de datos, computadores, impresoras y demás dispositivos. Para que estos equipos puedan operar juntos, ellos se deben comunicar. En base a lo anterior se expresarán las técnicas de comunicación entre computadores, y como estas técnicas aplican para los PLC.

Se ha considerado abordar el tema de comunicaciones seriales en este trabajo debido a la existencia de medidores de energía los cuales forman parte del sistema de Medición de Energía y poseen puertos de comunicación RS-485; al igual que muchos controladores de proceso en Planta de Cervecería que forman parte de las diferentes áreas de producción. Las comunicaciones seriales y las redes son ambas muy importantes en las aplicaciones de control moderno.

### **5.5.2. Estándar RS-232**

Desarrollado en la década de los años 60 para lograr una interfaz común de comunicación y poder lograr el intercambio de datos a través de líneas telefónicas de voz, dispositivos punteros como el mouse, otros periféricos y algunos instrumentos. La Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) <sup>5</sup> estuvo a cargo de su desarrollo original junto con algunas compañías de telefonía. Actualmente es aún utilizado para la comunicación e interconexión entre diferentes equipos a niveles de oficinas, domiciliarios e industriales. Hasta hace algunos años los diferentes fabricantes de PLC incorporaban un puerto de comunicación serie como un mecanismo de recuperación y ejecución de comandos. La interfaz RS-232 se utiliza para comunicaciones en el tipo

---

<sup>5</sup> EIA: Asociación de Industrias Electrónicas hasta 1997, hoy en día una alianza de diferentes fabricantes para normalizar las comunicaciones entre equipos de diferentes marcas.

punto a punto únicamente. Los diferentes parámetros de la transmisión son programables, un caso es la velocidad que puede variar entre 50 y 19,200 baudios.

### **5.5.3. Estándar RS-485**

Al estándar RS-485 oficialmente se le conoce con el título de Características Eléctricas de los Generadores y Receptores para el uso en Sistemas Multipunto Digitales, a pesar de ser utilizado hoy en día con mucha frecuencia se le conoce simplemente como RS-485 en lugar de su nombre oficial. El estándar RS-485 es muy similar al RS-422, aunque este último no será abordado en este documento. RS-485 es un esquema de transmisión de datos balanceado que ofrece una solución robusta para la transmisión de datos sobre largas distancias y en ambientes con mucho ruido.

Se caracteriza porque en los componentes eléctricos del circuito de comunicación digital se gestionan tres estados: “0” ó “1” lógicos y una señal de alta impedancia conocida como tercer estado. Es uno de los estándares de comunicación con uso a nivel global en diferentes aplicaciones tales como: instrumentación de campo, módems, drivers de motores, electroválvulas, unidades remotas de campo, lectores de códigos de barra, dispositivos de medición de parámetros eléctricos, entre otras.

## **5.6. Redes de Campo**

### **5.6.1. Introducción**

En este trabajo se abordarán de forma superficial los diferentes buses que campo que son posibles encontrar en Planta de Cervecería a Nivel de Campo y/o Células de Automatización. Sin profundizar en ellos por encontrarse fuera de los objetivos de esta investigación.

El termino normalmente Buses de Campo o Redes de Campo utilizado para nombrar las comunicaciones industriales ha sido aplicado de forma genérica para una cantidad de protocolos de campo o protocolos industriales. Por tanto, se puede conceptualizar una Red de Campo como una red digital de comunicaciones serie, multipunto, bidireccional, compartida por diferentes elementos de campo, tales como sensores, controladores lógicos, transductores, elementos finales de control y actuadores. La cual hace posible la transferencia de datos e información de control entre los elementos primarios de automatización, control y monitoreo, hacia los elementos de más alto nivel (DCS y SCADA).

Es posible encontrar en la actualidad una variedad extensa de redes que realizan las funciones de una red de campo; sin embargo cuando se hace referencia a un Bus de Campo (Fieldbuses) se habla de redes que están en proceso de normalización por diversas organizaciones, entre las cuales se encuentran: Sociedad Americana de Instrumentación (ISA), el Instituto Americano de Normas Nacionales (ANSI), la Comisión Electrónica Internacional (IEC), el Comité Europeo para Normalizaciones (CEN), el Comité Europeo para Normalizaciones Electrotécnicas (CENELEC), el Instituto Europeo de Normalización de Telecomunicaciones (ETSI), el Instituto Alemán para las Normalizaciones (DIN), la Organización Internacional de Normalización (ISO); y algunas otras organizaciones o entes de Europa y Japón.

A continuación, se listan algunos de los buses de campo que se encuentran funcionando en Planta de Cervecería:

### 5.6.2. HART

El protocolo de comunicación HART (transductor remoto direccionable de alta velocidad) fue desarrollado e introducido por la compañía Rosemount Inc. Debido a su nivel de aceptación a nivel industrial se creó la Fundación HART Communication Foundation, de la cual se han agregado muchos fabricantes a nivel mundial. Su campo de aplicación básico es la comunicación digital sobre las líneas analógicas clásicas (4 – 20 mA) de los sistemas de instrumentación existentes, manteniendo éstas en servicio. La principal característica del protocolo HART es que permite la transmisión simultánea de información analógica y digital, ya que normalmente opera superpuesto sobre el lazo de corriente 4-20 mA.

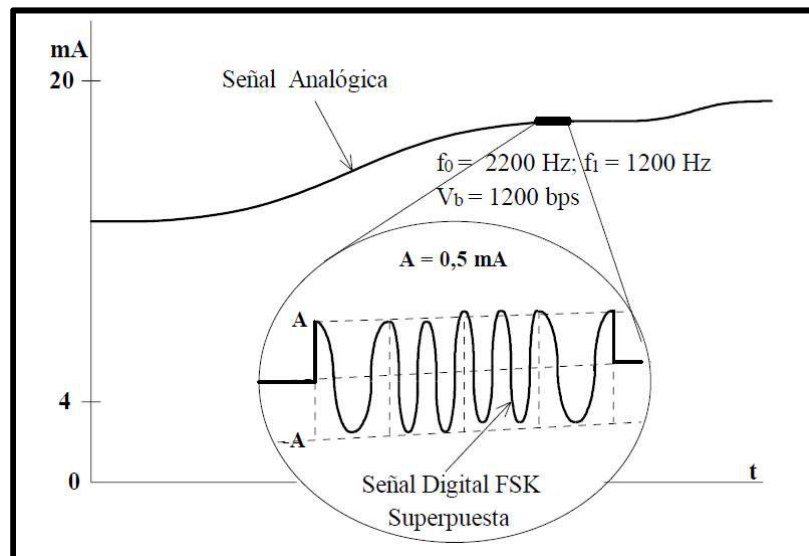
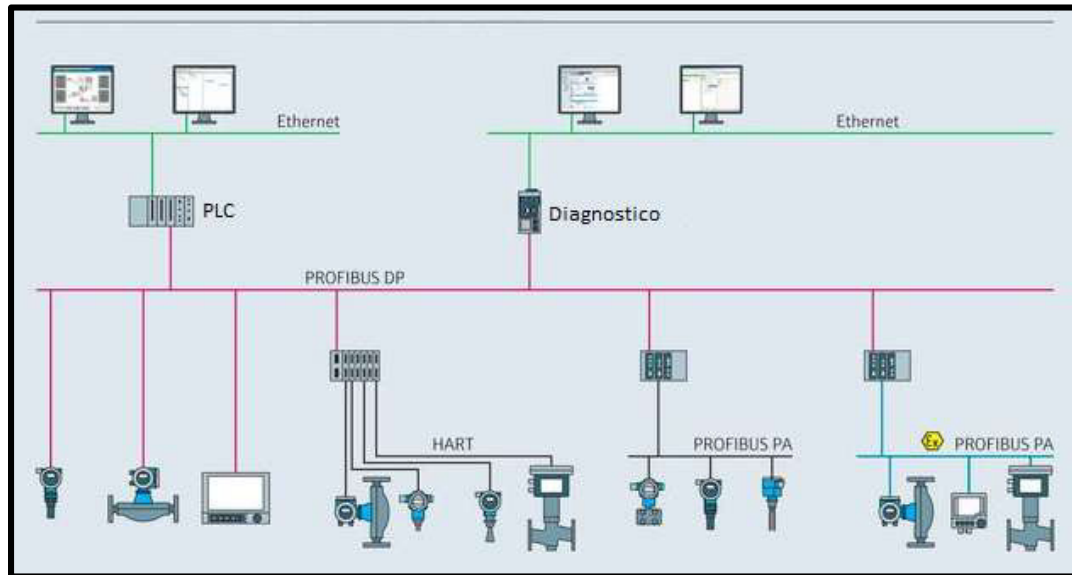


FIGURA 5: El Protocolo HART y su función de Transmisión.

### 5.6.3. Profibus

Bus de campo para procesos (Process Field Bus) nació de un proyecto de exploración por parte de 5 instituciones de investigación alemanas y en conjunto con varios fabricantes. Los principales fabricantes impulsores de Profibus han sido ABB, AEG, Siemens, Klöckner-Moeller. Se encuentra regido por la Organización de Usuarios

de Profibus (PNO) y Profibus & Profinet Internacional (PI). Se trata de un bus de campo abierto, el cual puede implementarse en diversas áreas como: fabricación, procesos y automatización de edificios.



*FIGURA 6: Estructura de Profibus.*

Es posible encontrar 3 versiones de Profibus: Profibus DP, Profibus PA y Profinet.

#### **5.6.4. Modbus**

El primer bus de campo, efectivamente abierto, utilizado ampliamente fue MODBUS desarrollado por Gould Modicon en 1979. Es capaz de comunicar instrumentos inteligentes y sensores, puede monitorear instrumentos de campo mediante los ordenadores. Este protocolo es utilizado para establecer una comunicación maestro - esclavo / cliente – servidor entre diferentes dispositivos inteligentes. Hoy en día se ha convertido en uno de los protocolos más utilizados a nivel mundial en los ambientes de procesos industriales, manufactura, automatización, y demás. Desde su desarrollo hasta la fecha actual ha sido implementado por cientos de fabricantes en millones de diferentes dispositivos para la transferencia de señales de IO ya sean analógicas o digitales; y de igual forma para enviar registros de datos entre los dispositivos de control.



#### **5.6.4.1. Modbus TCP**

Modbus TCP es un protocolo de comunicación diseñado para permitir a los equipos industriales tales como PLC, computadores, paneles de operación, motores, sensores y otros tipos de dispositivos de IO comunicarse sobre una red. Modbus TCP fue inventado por Modicon/Group Schneider Electric en la actualidad y es uno de los protocolos más populares integrado dentro de las tramas TCP/IP<sup>6</sup> de Ethernet. Modbus TCP básicamente incluye una estructura de Modbus en estructura TCP en una manera simple. Esto es una transacción orientada hacia la conexión, lo que significa que cada consulta espera una respuesta.

Modbus TCP se ha convertido en un estándar por defecto porque primeramente es abierto, su simplicidad, bajo costo de desarrollo y por último un hardware mínimo requerido para soportarlo. Lo cual lo ha convertido en una solución universal dentro de las comunicaciones industriales.

#### **5.6.5. CAN**

El bus Red de Área de Control (CAN) el cual fue originalmente desarrollado por Bosch y Siemens en Alemania en el año de 1985 se utilizó inicialmente para la comunicación distribuida de los elementos y equipos dentro de un vehículo como lo son el motor, CPU, bolsas de aire, cinturones de seguridad, aire acondicionado, iluminación, GPS, cerraduras, instrumentos de tablero, entre otros. También en los campos de utilización se encuentra la industria aeronáutica.

#### **5.6.6. AS-i**

El bus AS-i, Interface de Actuador Sensor (Actuator-Sensor interface) fue introducido en el mercado en el año de 1990 por el fabricante Alemán Siemens. AS-i es considerado uno de los sistemas de comunicación más sencillos y con menos prestaciones, por lo cual es utilizado a nivel de campo en la parte más baja de la Pirámide de Automatización. El propósito de la creación de este bus es reducir el mazo de cables normalmente utilizados para conectar los diferentes sensores de campo hacia

---

<sup>6</sup> TCP/IP: Sistemas de protocolos que hacen posible servicios y comunicación entre dispositivos.

el PLC o DCS; y en su lugar unir los sensores en un único cable enlazado directamente hacia el controlador correspondiente.

En la FIGURA 7: AS-i al nivel de Sensores – Actuadores. se puede apreciar la estructura de un sistema de control estándar, y observar a nivel de sensores y actuadores la diferencia entre un cableado convencional y un cableado con el bus AS-i.

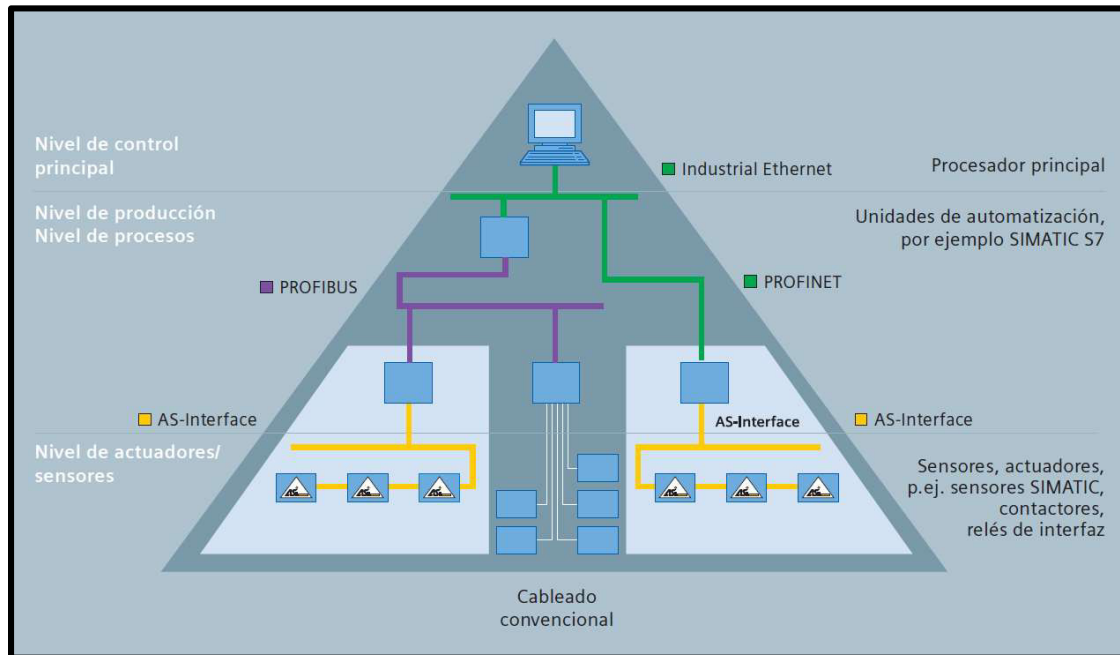


FIGURA 7: AS-i al nivel de Sensores – Actuadores.

#### 5.6.7. DeviceNet

DeviceNet fue desarrollado en base al bus CAN por el fabricante Allen Bradley (Rockwell Automation). Es un estándar abierto y soportado por muchos fabricantes de sensores, actuadores, sistemas de control, instrumentación, HMI, entre otros. Es posible encontrar en las diferentes industrias aplicado a los siguientes procesos: ensamblado de piezas, soldaduras, sensores, válvulas, lectores de códigos de barra, unidades remotas de IO, entre otras. En el caso de la Planta de Cervecería: HMI, módulos de IO, controladores Allen Bradley, entre otros.

### 5.6.8. Interbus

Interbus es un de bus de campo abierto el cual conecta toda la periferia de procesos con todos los mandos que normalmente se encuentran en la industria de procesos continuos, aunque se puede encontrar en sectores de la industria de automóvil, industria alimenticia, industria textil, industrial papelera y de impresión. Por medio de un cable al bus serial se conectan sensores y actuadores.

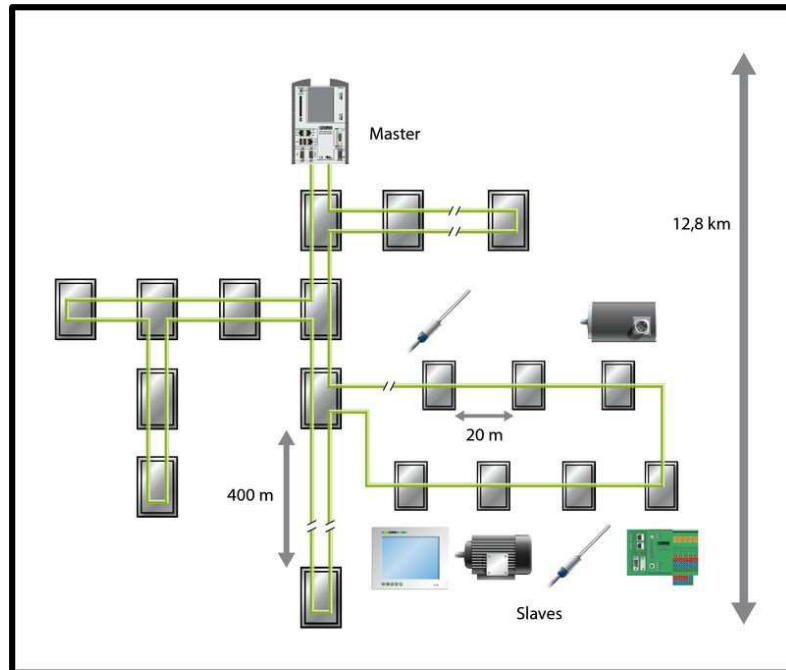


FIGURA 8: Arquitectura de comunicación Interbus.

## **5.7. El modelo OSI**

### **5.7.1. Introducción**

Para la interconexión de sistemas abiertos se construyen las arquitecturas de red. Un sistema abierto es aquel capaz de interconectarse con otros de acuerdo con unas normas establecidas y la cual permite una cooperación entre diferentes dispositivos los cuales pueden pertenecer a varios fabricantes. El diseño de una red de computadoras es una situación que puede lograr un nivel de complejidad bastante elevado, por lo que se estructura según la técnica de división de capas o niveles. Dichas capas poseen un orden jerárquico y separan los problemas de una red de computadoras en partes más sencillas. Cada capa añade nuevas características a partir de los servicios que proporciona la capa inmediatamente inferior. Por lo que cada capa solventa las dificultades de los cuales ya no se tienen que preocupar las funciones de las capas superiores.

Una vez que el intercambio de datos entre equipos se realiza a través de un sistema de comunicaciones, es importante definir el sistema de transmisión común que se va a utilizar. De igual forma es necesario definir información relativa al establecimiento de enlaces o conexiones y como se va a mantener el dialogo durante esas conexiones. A este punto el protocolo de comunicación establece el lenguaje para que exista un dialogo entre cada capa.

En el año de 1979 ISO había desarrollado un modelo con objetivo de estructurar y estandarizar el mundo de las comunicaciones de datos y las redes. La ISO es el comité que ha desarrollado el modelo de referencia Sistema de Interconexión Abierto (OSI). El objetivo de la ISO es regular las comunicaciones entre sistemas, es decir, que un sistema A pueda comunicarse con un sistema B (2 sistemas de 2 diferentes fabricantes). Entre estos sistemas, diferentes redes se pueden presentar; públicas como redes privadas.

### 5.7.2. Capas del modelo OSI

El modelo OSI consiste en 7 capas funcionales donde cada capa contiene un número definido de funciones, Figura 9.

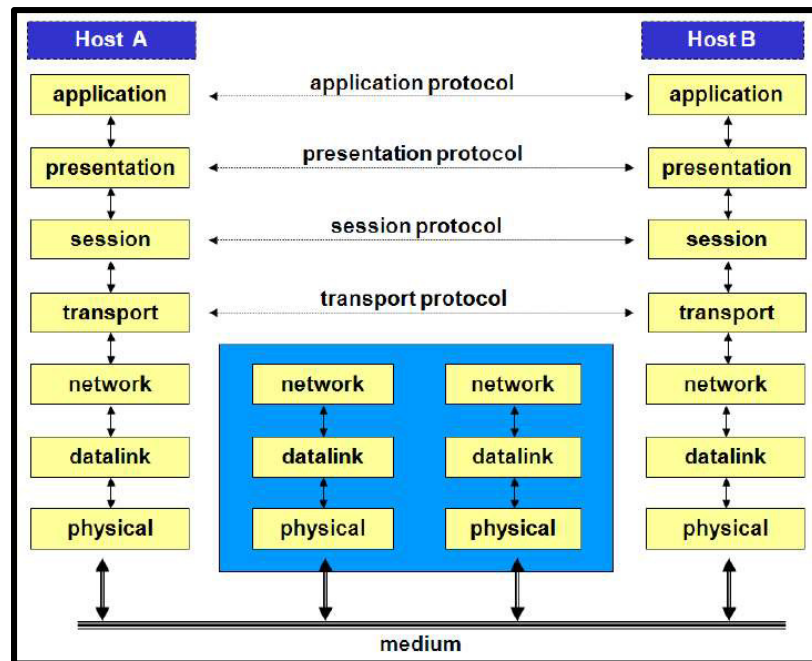


FIGURA 9: Capas del modelo OSI.

A continuación, se enumeran cada una de las capas con una breve descripción:

#### 5.7.2.1. Capa Física (Physical layer 1)

Esta capa asegura la conexión con el medio vía el cual la información es enviada entre dos puntos en la red. Lo que quiere decir, que esta capa provee el cuerpo mecánico, eléctrico u óptico necesario para realizar, mantener o interrumpir una conexión física.

#### 5.7.2.2. Capa de Enlace de Datos (Data link layer 2)

Los protocolos de la capa dos especifican cómo deben ser enviadas eventualmente las estructuras de datos sobre la red. En esta capa se ejecuta un mecanismo de detección y corrección de errores con el objetivo de garantizar que los

errores de transmisión sean manejados y que los datos sean recibidos de forma correcta en el otro lado.

#### **5.7.2.3. Capa de Red (Network layer 3)**

El direccionamiento se lleva a cabo en este nivel. Esto quiere decir que la red encuentra una ruta y evita la congestión dentro de la red. La capa de red asegura el transporte de los mensajes desde un nodo hasta el otro en la ruta del remitente al receptor final.

#### **5.7.2.4. Capa de Transporte (Transport layer 4)**

La capa de transporte es responsable de la transmisión confiable de los datos. La capa de transporte garantiza la conexión lógica entre ambos sistemas finales de la red (un punto lógico a un punto de conexión). En otras palabras, un transporte de datos sin fallos puede llevarse a cabo en tanto el dato sea recibido en el orden correcto por el receptor.

#### **5.7.2.5. Capa de Sesión (Session layer 5)**

La estructura de control del dialogo (sesión) entre dos aplicaciones sobre la red es proporcionada aquí, así como también el inicio y finalización de dicha sesión.

#### **5.7.2.6. Capa de Presentación (Presentation layer 6)**

Los protocolos en la capa 6 determinan la manera en que los datos son presentados: esto es necesario ya que los diferentes sistemas de computadoras representan números y caracteres en formas distintas.

#### **5.7.2.7. Capa de Aplicación (Application layer 7)**

En esta capa se provee servicio a las aplicaciones que se ejecutan para el beneficio de los usuarios del sistema de red.

### 5.7.3. LAN

Dentro de Planta de Cervecería es posible encontrar diferentes redes locales de oficinas y en las cuales se encuentran de momento todos los medidores de energía del sistema monitoreo y gestión de energía.

El comité 802 del Instituto para Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)<sup>7</sup> ha establecido un número de estandarización para las redes LAN.

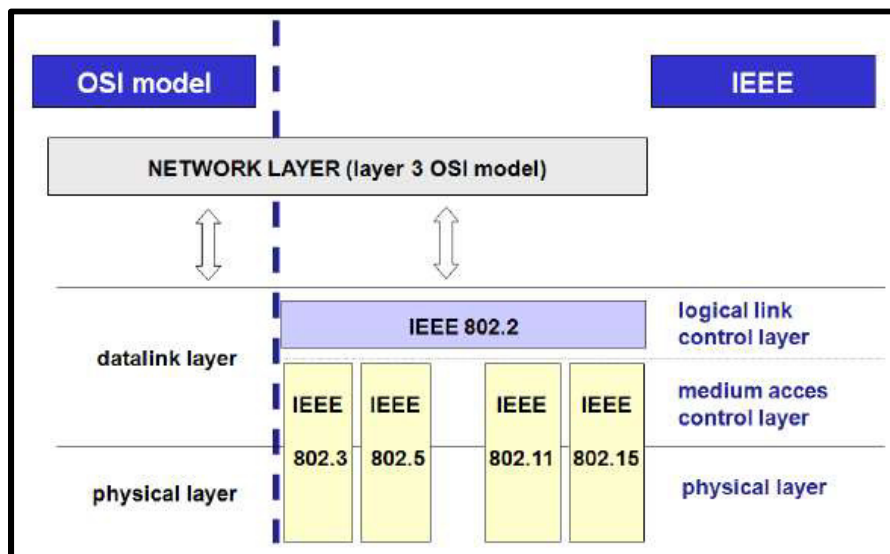


FIGURA 10: Ubicación de LAN dentro del modelo OSI.

En la Figura 10 se muestra la participación en la capa 1 y la capa 2 del modelo OSI por el estándar IEEE802<sup>8</sup>.

<sup>7</sup> IEEE: Organización de profesionales cuyas actividades incluyen el desarrollo de estándares de redes y comunicaciones.

<sup>8</sup>

## **5.8. Ethernet**

### **5.8.1. Introducción**

En este apartado se aborda el tema fundamental: Ethernet, visto desde una perspectiva funcional y elementos primordiales que la conforman con el objetivo de fundamentar las bases estructurales de la solución para la construcción de Redes Ethernet Industriales.

Ethernet es la base de las redes LAN. Debido al auge de las redes LAN a diferentes niveles y, hasta el día de hoy, de un grado desconocido de regulaciones sobre Ethernet, el estudio y profundización sobre este punto requiere mucho esfuerzo y tiempo. Por tanto, se abordarán algunos de los aspectos fundamentales. Ethernet es únicamente una especificación para las capas 1 y 2 en el modelo OSI. No es un protocolo de red completo sino una sub red en la cual otros protocolos como TCP/IP, UDP, entre otros pueden operar. Las funciones más importantes de Ethernet son:

- Relleno en la capa física
  - Enviar y recibir cadenas de bit serial sobre el medio
  - Detección de colisiones
- Relleno en la capa enlace
  - MAC subcapa:
    - Mecanismo de acceso a la red (CSMA/CD)
    - Construcción de estructura de datos
  - LLC subcapa:
    - Confiabilidad de los datos
    - Suministro de canales de datos para aplicaciones de alto nivel



### **5.8.2. Modelo TCP/IP**

El modelo TCP/IP tiene sus orígenes a comienzos del 1960 cuando el Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norteamérica enfrentó la necesidad de un sistema de comunicación para áreas amplias, capaces de cubrir el territorio de Estados Unidos y capaz de interconectar sistemas de equipos y programas heterogéneos. TCP/IP se ha convertido en un estándar a nivel mundial para aplicaciones industriales y de telecomunicaciones partiendo desde el hecho que el Internet fue diseñado en base a TCP/IP en primer lugar y, sin ello, el acceso a Internet no fuese posible.

### **5.8.3. Estructura Elemental para Ethernet**

Los equipos que se pueden utilizar en el diseño de una red Ethernet pueden variar en dependencia de la necesidad presentada, según *Alonso (2013)*<sup>9</sup>. Los elementos principales para esta propuesta de diseño se mencionarán de forma breve más adelante.

#### **5.8.3.1. Repetidor**

El método más sencillo y el primero que se utilizó para incrementar la distancia de la red fue el Repetidor. Este equipo es un amplificador de señal que transmite los paquetes de forma transparente independiente del contenido del paquete. El repetidor normalmente se utiliza para conectar dos o más segmentos de Ethernet juntos. En la Figura 11 se observa que el repetidor se encuentra a nivel de capa física del modelo OSI.

---

<sup>9</sup> Basado en Nuria O. Alonso: Redes de Comunicación Industriales.

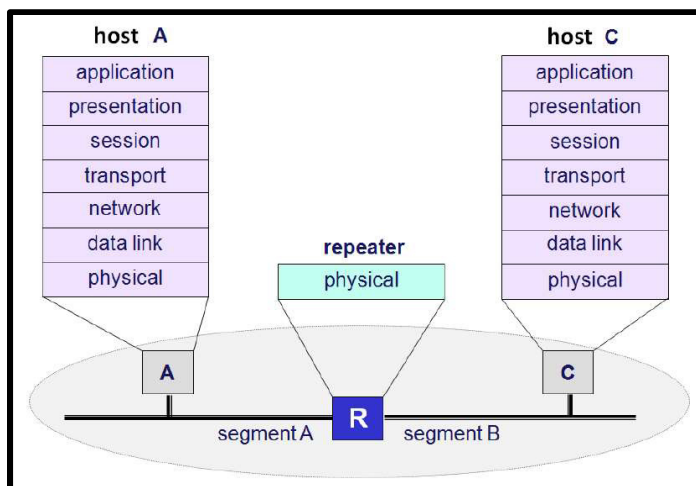


FIGURA 11: El Repetidor de acuerdo con el modelo OSI.

### 5.8.3.2. Hub

El Hub o Concentrador es un repetidor multi puerto: regenera las señales entrantes hacia todos los demás puertos a como se puede observar en la Figura 12. Los Hubs se utilizan para crear un punto de conexión central para los medios cableados y aumentar la confiabilidad de la red. Lo que quiere decir que si un cable falla no provocará la interrupción de total de la red.

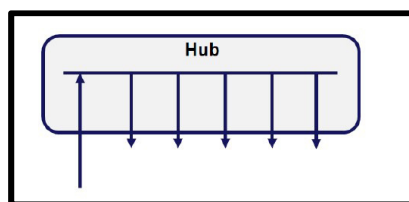


FIGURA 12: El Hub o Concentrador.

### 5.8.3.3. Switch

Una de las opciones para entrelazar segmentos LAN con más inteligencia es el uso de un puente (bridge). Un puente es más que sólo el medio que transmite datos como un repetidor. Antes que un paquete sea transmitido desde un segmento hacia otro segmento por medio de un puente, este debe confirmar la dirección MAC <sup>10</sup>y en base a esto el transporte al otro segmento se efectúa o no.

<sup>10</sup> MAC: Control de Acceso al Medio, identificador 48 bits único para una tarjeta o dispositivo de red. De igual forma se le conoce como dirección física.

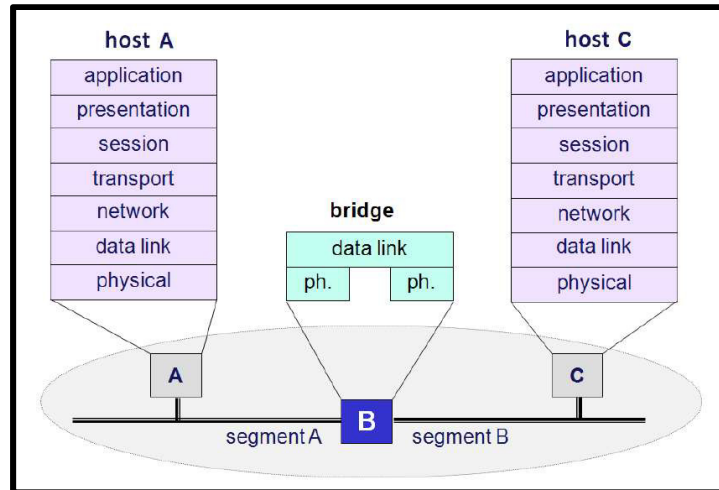


FIGURA 13: El puente (bridge) según el modelo OSI.

Un puente puede estar equipado con más de dos puertos de red y en este caso se le conoce con el nombre de Switch. Una tabla de direcciones MAC se actualiza para el monitoreo de los puertos, dicha tabla se llena al inspeccionar los segmentos relevantes de la red y copiando todas las direcciones MAC que se encuentran en tal segmento hacia la tabla. Cada dirección es registrada por un tiempo limitado y luego es borrada, lo que evita que las estaciones inactivas sean direccionadas o que dichas estaciones no sean reconocidas más.

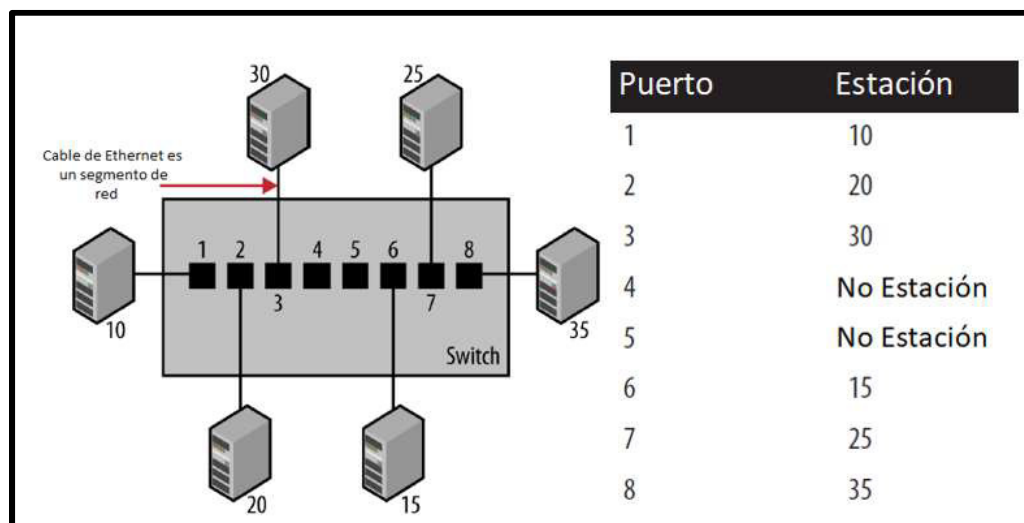


FIGURA 14: Tabla de direccionamiento de un Switch.

Entrelazar los segmentos de una red local tiene sus ventajas en comparación al enlace de un repetidor o un hub. Cuando se utiliza un switch, un segmento no se carga con la estructura del otro segmento al que no pertenece desde un punto de vista de direccionamiento. La carga por segmento se reduce por esta función de puente. Al mismo tiempo, situaciones de fallos no son transmitidas ya que el switch también corrobora la estructura correcta de las tramas de datos. Finalmente, el puente también evita que las colisiones entre tramas sean transmitidas de un segmento a otro.

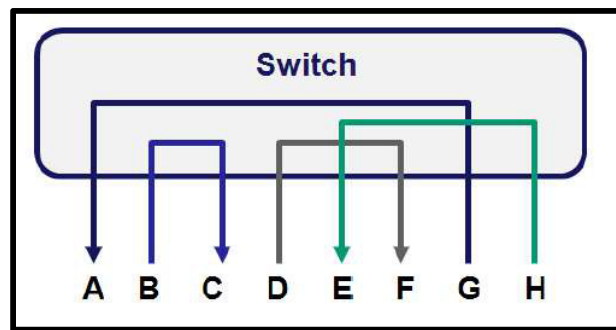


FIGURA 15: El Switch.

El switch de aplicación estándar pertenece a la capa 2 del modelo OSI, salvo los modelos que se encuentran a nivel de capa 3.

#### 5.8.3.3.1. Switches Industriales

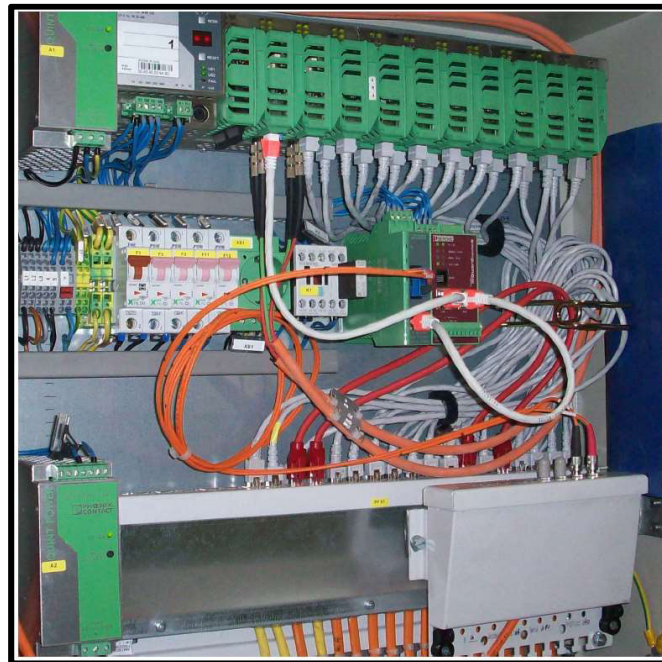
Los Switches para Redes Ethernet Industriales (Alonso 2013) son switches que han sido robustecidos para hacer posible que ellos funcionen en ambientes severos, los cuales se pueden encontrar en fábricas y otros escenarios industriales. Estos switches son usados para brindar soporte a sistemas de automatización industrial y control, así como conexiones de redes para instrumentación hasta control y monitoreo de infraestructuras mayores tal como subestaciones eléctricas.

Switches para Ethernet Industrial pueden contar con puertos de conexión especial que proveen sellos alrededor del cable de Ethernet con el objetivo de mantener la humedad y polvo fuera del puerto del switch. La mayor parte de los switches industriales tienen tarjetas electrónicas selladas con un barniz y no cuentan con dispositivos móviles para la extracción del calor generado dentro del equipo; lo cual evita la exposición de la

electrónica interna a los ambientes severos. También es posible encontrar rangos de fuerzas G y vibraciones que los switches deben ser capaces de soportar. Para hacer posible cumplir las rigurosas especificaciones, los switches industriales a menudo son construidos en presentaciones de unidades pequeñas, con un limitado número de puertos. La mayoría de los switches industriales no son montados sobre los conocidos racks de 19 pulgadas, sino sobre riel DIN. En la Figura 16 se aprecia un gabinete de control para comunicaciones industriales, Ethernet, utilizado en la Planta de Producción de Volkswagen localizada en Emden, Alemania. En la cual se produce el modelo Passat, hasta 1,200 vehículos por día.

Los switches industriales se encuentran divididos en dos grandes categorías que los caracterizar por las funciones que pueden realizar:

- Switch No Administrable
- Switch Administrable



*FIGURA 16: Gabinete de Control para comunicaciones industriales en Planta de Volkswagen.*

#### **5.8.3.3.1.1. Switch No Administrables**

Los switches no administrables son aquellos en los cuales no se puede configurar algún parámetro, el equipo únicamente se debe energizar y conectar sus respectivos puertos. Se pueden encontrar en versiones de conexión para fibra óptica y cobre, con velocidades de transmisión preestablecidas. Son capaces de detectar la MAC de origen de la estación conectada al puerto correspondiente. Limitan el tráfico de datos con funciones básicas de filtrado.



*FIGURA 17: Switch industrial no administrable FL SWITCH SFN 8GT, Phoenix Contact.*

#### **5.8.3.3.1.2. Switch Administrables**

El switch administrable es un equipo que puede ser configurado por medio de un servidor web en donde se puede acceder a información de opciones de diagnóstico pertenecientes a la red. Poseen las mismas características generales de un switch no administrable, sin embargo, las cualidades siguientes le diferencian: monitoreo y diagnóstico de la red o puertos de conexión. Son parametrizable y configurables cada uno de sus puertos sin importar sea fibra óptica o cobre. En este tipo de switch es posible configurar líneas de comunicación redundantes. Una de sus características importantes para poder gestionar el tráfico de la red es la capacidad de segmentar redes de comunicación. Mediante el servidor web es posible acceder a diferentes interfaces de usuarios.



FIGURA 18: Switch industrial administrable FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP, Phoenix Contact.

#### 5.8.3.3.1.3. Características de un Switch Industrial

Según el fabricante Phoenix Contact de Alemania (<https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi>) en referencia a las comunicaciones Ethernet Industriales y los dispositivos como switches; señala que un switch industrial cumple de conformidad con el estándar IEEE802.3 para poder construir redes de automatización sobre Ethernet. Para aplicaciones de comunicaciones industriales, en dependencia de la ubicación física del equipo, es posible encontrar 2 tipos de switches:

- Instalaciones dentro de gabinetes de control, generalmente los puertos de comunicación para par trenzado de cobre se realizan mediante conectores industriales RJ45. Los equipos tienen un nivel de protección IP20<sup>11</sup>
- Instalaciones para intemperie, los puertos de comunicación del switch cuentan comúnmente con conexiones de fibra óptica o cobre en versión circular M12<sup>12</sup>; para estar expuestos en el campo directamente. Los equipos tienen un nivel de protección hasta IP66<sup>13</sup>

La velocidad de los segmentos de red puede ser configurada de forma independiente de los demás puertos de comunicación. Soportando la opción de auto negociación de puerto y auto cruce. La selección del switch para Ethernet Industrial también se puede definir acorde al tipo de protocolo de comunicación que es capaz de soportar como lo

<sup>11</sup> IP20: Según el estándar IEC 60529, protección para objetos o dedos mayores a 12.5 mm de largo.

<sup>12</sup> M12: Según el estándar IEC 61076-2-109, conectores circulares para transmisión de datos hasta 500MHz.

<sup>13</sup> IP66: Acorde al estándar IEC 60529, al equipo no debe ingresar polvo por ningún motivo e inmersión en líquidos hasta 1 metros durante 30 sin ingreso del mismo al dispositivo.

son: Modbus TCP/IP, Profinet, Profinet RT, EtherNet/IP y algunos otros más que hoy en día se encuentran en la Industria. Las estructuras de comunicación redundantes son posibles con switches administrables, dichas estructuras son importantes en las comunicaciones entre controladores y equipos de supervisión / control que operan sobre Ethernet para un funcionamiento óptimo y de alta disponibilidad. Algunas de las topologías de mayor uso son: Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) y Media Redundancy Protocol (MRP); las cuales se abordarán en los siguientes apartados. Respecto a la tabla de direcciones MAC que pueden almacenar, hay modelos de dispositivos que registran hasta 8,000 direcciones.

Los switches industriales poseen contactos de alarma (salidas digitales) programables en función de la presencia de algún evento, como puede ser desconexión de algún puerto, excesivo tráfico, pérdida de redundancia, entre otros. El sistema de alimentación de los equipos generalmente se suple con 24V DC en configuración redundante. También poseen LED de indicaciones de estado de cada uno de los puertos de comunicación, alimentación y estados. El switch industrial debe ser capaz de soportar cables en los puertos de comunicación conectados con la polaridad incorrecta, cuando se conecta por medio de un par trenzado, esto quiere decir que el switch internamente cambia la polaridad de las conexiones, más específicamente RD+ y RD-.

Algunos protocolos de gestión y configuración que los modelos administrables utilizan son: LLDP<sup>14</sup>, SNMP<sup>15</sup>, SNTP<sup>16</sup>, entre otros. Y funciones adicionales para asignación de dirección IP con BootP<sup>17</sup>. Para aplicaciones de alto desempeño se encuentran los switches administrables de capa 3, donde se crean rutas de tráfico específicas por medio de la dirección IP del equipo o equipos miembros de un segmento de red. También es posible encontrar la función de administración de Redes de Área Local Virtuales (VLAN) para crear redes de altas prioridad o separación lógica de redes de comunicación dedicadas.

---

<sup>14</sup> LLDP: protocolo de comunicación nivel 2. Enviar y recibir información de equipos vecinos conectados.

<sup>15</sup> SNMP: protocolo de capa 7 modelo OSI para administración y diagnóstico de la red y dispositivos.

<sup>16</sup> SNTP: protocolo simple de hora de red para sincronizar equipos de una red.

<sup>17</sup> BootP: protocolo para obtener información de configuración de equipos, asignar dirección IP.



#### 5.8.3.4. Router

El router o enrutador es un equipo que conecta dos o más redes de computadoras distintas con cada otra, por citar un ejemplo la red corporativa y el internet. Se considera que el enrutador es un equipo de conmutación para paquetes de datos a nivel de la capa de red o capa 3 del modelo OSI. En la Figura 19 se observa la ubicación del enrutador dentro dicho modelo. El propósito de un enrutador es examinar los paquetes de datos entrantes, elegir cuál es la mejor ruta para ellos a través de la red y luego enviarlos hacia el puerto de salida adecuado. Los enrutadores son los dispositivos de regulación de tráfico más importantes en las redes de gran envergadura.

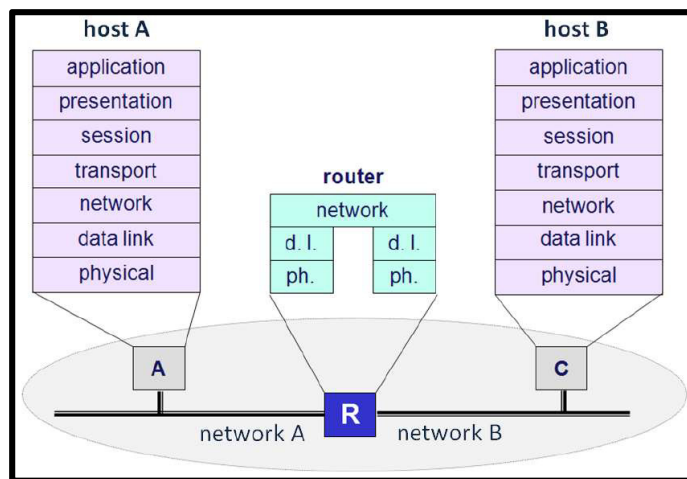


FIGURA 19: El router o enrutador, y el modelo OSI.

Existen diferentes tipos de enrutadores, los cuales se pueden distinguir por la forma, conexiones de ruteo y todas las clases de funciones extras que conforman un enrutador, tales como modem, firewall o un switch. Es posible encontrar switches con funciones de ruteo, los cuales son conocidos como switches de capa 3. Los enrutadores industriales en su forma más simple poseen una interfaz de entrada y una interfaz de salida. Una aplicación típica en la industria para la implementación de enrutadores es el enlace que se debe realizar entre la red de automatización de una planta y la red corporativa o una conexión hacia Internet. De igual forma los enrutadores industriales poseen todo tipo de funcionalidades extras que les permite ser utilizados como módulo de seguridad para un enlace seguro de las redes industriales con las redes corporativas. Debido al extenso desarrollo de los enrutadores en este documento han sido abordados desde una perspectiva funcional y general.

#### **5.8.3.4.1. Switch de Capa 3**

A como se ha descrito anteriormente, los switches de redes operan en la capa 2 del modelo OSI y los enrutadores de redes operan en la capa 3 del modelo OSI. Un switch de capa 3 es un dispositivo de alto desempeño para ruteo de las redes y de forma muy ligera en comparación a un enrutador de red estándar. Ambos procesan mensajes entrantes y, basados en las direcciones dadas en las tramas, decisiones dinámicas son tomadas en cómo enviar (enrutar) dichos mensajes.

La principal diferencia entre los switches de capa 3 y los enrutadores estándar es la estructura del equipo. En un switch de capa 3, el hardware de un switch se combina con el de un enrutador con el fin de garantizar un mejor rendimiento en los enrutamientos de infraestructuras LAN muy complejas. Y se usan típicamente en intranets, un switch de capa 3 no tiene un puerto WAN<sup>18</sup> y normalmente no soporta aplicaciones WAN típicas tampoco.

---

<sup>18</sup> WAN: Red de Área extensa, se refiere una red de comunicación que cubre área geográfica grande, como el Internet.

## **5.9. Topologías de red**

### **5.9.1. Introducción**

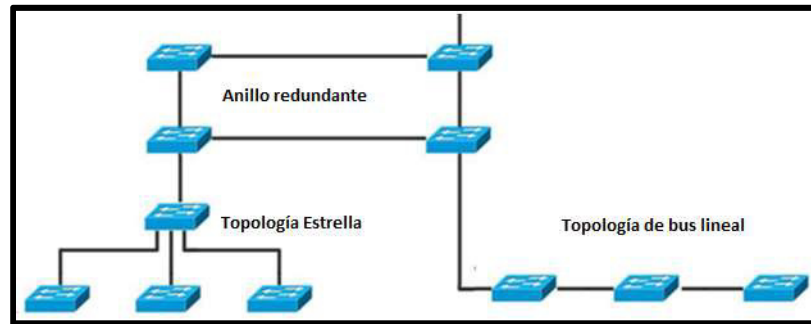
Se conoce como topología a la forma en que los nodos que conforman una red están conectados para poder comunicarse entre ellos. La topología lógica define cómo los elementos en la red se logran comunicar, y cómo la información es transmitida a lo largo de la red. Los diferentes tipos de métodos de medios de acceso determinan la forma en que un nodo logra transmitir la información a lo largo de la red. La topología física define la disposición del cableado para una red. Esto especifica como los elementos de la red se conectan entre ellos eléctricamente. El arreglo determinará qué sucederá si un nodo de la red falla. Las topologías físicas se agrupan en 3 grandes categorías: bus, estrella y anillo. Aunque incluso es posible lograr una mezcla de las 3 anteriores para alcanzar óptimos desempeños y máxima funcionalidad.

Una célula de automatización se encuentra compuesta de computadores, servidores de datos, controladores, dispositivos de entradas y salidas, sensores y actuadores que son requeridos para ejecutar diferentes funciones. Un proyecto de automatización puede contar con lo siguiente:

- Líneas de producción e instalaciones de procesos
- Sistemas de PLC
- Sistemas de paros de emergencia y Controladores de Seguridad
- Sistemas DCS
- SCADA

Los switches son los elementos estructurales con los cuales una célula completa de automatización se construye. La combinación de diferentes topologías y medios hace flexible, segura y controlable una red (basada sobre Ethernet) distribuida en los niveles de planta de una industria. Según la Figura 20, segmentos importantes están conectados entre ellos por medios de Switches Industriales en un anillo redundante (backbone). Y ciertos sub segmentos, participantes de redes se conectan en estrella vía switches (topología estándar para redes de oficinas o informática). Mientras sea posible por el proceso o aplicación, se utiliza una estructura lineal, tomando en cuenta que los

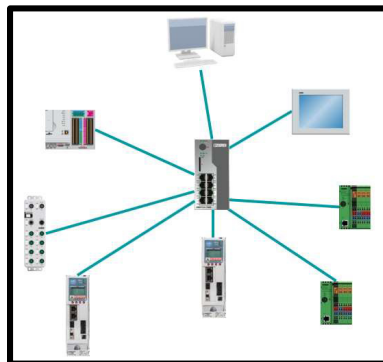
dispositivos de entrada y salida cuentan con un switch integrado.



*FIGURA 20: Las diferentes topologías en una célula de automatización.*

### 5.9.2. Topología Estrella

Una topología estrella es una topología física en la cual múltiples nodos están conectados a un componente central, generalmente conocido como concentrador. El concentrador de una estrella es solamente un centro de cableado, un punto de terminación común para los nodos, con una simple conexión continua desde el concentrador.



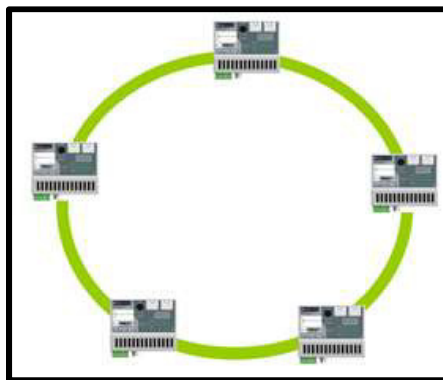
*FIGURA 21: Topología Estrella.*

Todos los datos que van desde y hacia cada nodo deben pasar a través del switch concentrador al cual el nodo correspondiente está conectado. En la Figura 21 se aprecia una topología estrella. Cabe mencionar que, si el concentrador falla, la red entera falla. La conexión estrella requiere mucho cable para realizarla.

### 5.9.3. Topología Anillo

Una topología en anillo es una topología física y lógica al mismo tiempo. Desde una conexión lógica, un anillo se caracteriza por el hecho de que los paquetes de mensajes son transmitidos secuencialmente de nodo en nodo, en un orden predefinido. Los nodos se distribuyen en un lazo cerrado, así que el nodo iniciador es el último en recibir un paquete. Desde una conexión física, un anillo describe una red en la cual cada nodo está conectado exactamente a dos nodos.

La información viaja por el paso de una vía, esto quiere decir que un nodo recibe un paquete de datos proveniente exactamente un nodo y lo transmite exactamente al siguiente nodo. Un paquete de datos viaja por todo el anillo hasta regresar al nodo que originalmente lo envió. En la topología tipo anillo un nodo funciona como un repetidor, cada nodo revisa si el nodo de destino del paquete coincide con su dirección. Al momento que el paquete alcanza su destino, el nodo de destino acepta el mensaje y luego envía un mensaje al remitente de confirmación de recibido.



*FIGURA 22: Topología Anillo.*

Las principales ventajas de una topología tipo anillo son:

- Mínimo requerimiento de cables
- No se requiere un cableado centralizado
- Cada nodo sirve para regenerar la señal con el mensaje recibido

Algunas de las desventajas son:

- Si un nodo pierde conexión, el anillo de comunicación se cae
- Distancia límite entre conexión por nodo
- Si se agregan o remueven nodos, la red puede fallar

#### **5.9.3.1. Redundancia de Red**

La redundancia de red indica la integración de un hardware o equipo que asegure la disponibilidad de la red y que permanezca optima aun en caso de un simple punto de fallo. En función de manejar los errores, diferentes protocolos pueden ser integrados en los elementos estructurales. Hay tres grupos importantes:

- STP/RSTP: (Rapid) Spaning Tree Protocol, se puede aplicar a topologías tipo malla
- MRP: Media Redundancy Protocol, exclusivo únicamente para topologías tipo anillo
- PRP: Parallel Redundancy Protocol

#### **5.9.3.2. Spanning Tree Protocol**

El Spanning Tree Protocol (STP) es un protocolo abierto el cual está descrito bajo el estándar IEEE802.1D<sup>19</sup>. Se encuentra a nivel de capa 2 del modelo OSI el cual garantiza un lazo cerrado libre LAN. Spanning Tree hace posible extender una red mientras enlaces redundantes están integrados. De esta forma, una trayectoria de respaldo automática es provista si un enlace activo deja de funcionar por alguna razón, sin llegar a crear un lazo cerrado en la red. Para poder aplicar este protocolo es necesario utilizar switches que sean capaces de soportarlo. Luego de una interrupción del segmento, puede tomar de 30 hasta 50 segundos antes de que un paso alternativo se habilite. El retardo de 30 segundos es inaceptable para control, es un tiempo muy prolongado para aplicaciones de monitoreo y control.

---

<sup>19</sup> IEEE802.1D: Estándar para la técnica de envío de paquete de datos entres Switches, el cual es base del STP.

### 5.9.3.3. Rapid Spanning Tree Protocol

Fue oficializado por la IEEE en el año 2,001 y esta descrito bajo el estándar IEEE802.1w. Luego del año 2,004, el protocolo STP es descrito como un superfluo en el estándar IEEE802.1d y, por tanto, es recomendable utilizar el protocolo RSTP en lugar de STP. El tiempo de respuesta del RSTP es menos que el STP, normalmente de 1 a 10 segundos en lugar de 30 a 50 segundos. Siempre se deberá revisar la aplicación con lo cual el tiempo de recuperación podría, incluso, mejorar.

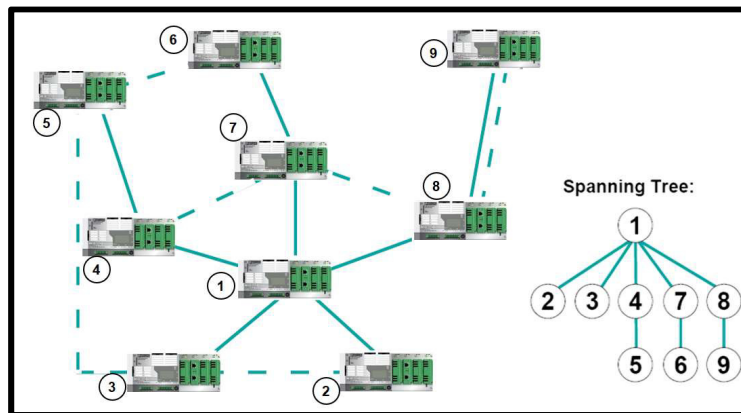


FIGURA 23: Topología RSTP, función tipo "árbol".

En la Figura 23 se logra apreciar una red que consta de 9 diferentes elementos estructurales. La ocurrencia de estos pasos redundantes ocasionaría un alto congestionamiento de la red, por lo que el protocolo RSTP convierte esta topología en una estructura tipo "árbol", al deshabilitar cierto número de puertos. Uno de los elementos estructurales de la red se debe configurar como "raíz" y a partir del elemento raíz todos los demás dispositivos, switches esclavos, pueden conectarse por medio de un trayecto simple. En caso de falla, se activará el paso redundante anteriormente deshabilitado. Debido a las necesidades en los procesos de automatización muchas compañías y plantas requerían tiempos de respuesta más cortos, en el orden de menos de un segundo. De esta forma la Calidad de Servicio (QoS), para priorizar los paquetes de comunicación entre dispositivos con el fin de controlar y monitorear el estado de la topología tipo anillo; permite construir una redundancia para redes de automatización.

Una de las mejoras para RSTP fue la extensión Fast Ring Detection, en caso de ocurrir alguna falla entre la conexión de dos nodos el tiempo de recuperación oscila entre 100 ms y 500 ms, en función de la cantidad de switches que formen parte del anillo. Como parte del anillo, este protocolo soporta únicamente hasta 50 dispositivos y solo puede ser utilizado para velocidades desde 10Mbps hasta 200Mbps.

Todos los switches que forman parte de un anillo intercambian constantemente información sobre el estado de sus puertos y la conexión con el switch o switches vecinos. El switch que ha sido asignado como raíz de la topología define los puertos de comunicación y habilita los puertos redundantes o en modo de espera. Para este tipo de comunicación especial entre los switches, ellos comparten entre sí tramas especiales de datos llamadas: Bridge Protocol Data Units (BPDU).

#### **5.9.3.4. Media Redundancy Protocol**

La estructura de protocolo MRP únicamente se puede utilizar en estructuras tipo anillo. Se rige por el estándar IEC 62439-2<sup>20</sup> y la cantidad máxima de switches que pueden formar parte del anillo es de 50. Según la IEC 62439 (2,008) establece que el tiempo de recuperación en caso de una falla es de menos o igual a 200ms. El mecanismo básico de MRP incluye: bloqueo y envío de tramas, y en la supervisión de las tablas de direcciones MAC. En una topología tipo anillo que utiliza el protocolo MRP se definen un maestro conocido como Media Redundancy Master (MRM) y los demás switches (esclavos) se les llama Media Redundancy Clients (MRC), Figura 24. Con el objetivo de evitar se cree un lazo de comunicación y provoque el colapso de la red, MRP define 3 estados de puertos: Disponible de enviar, Bloqueo y Deshabilitado.

---

<sup>20</sup> IEC 62439-2: Estándar especifica un protocolo de recuperación para topologías tipo anillo en redes de automatización de alta disponibilidad.



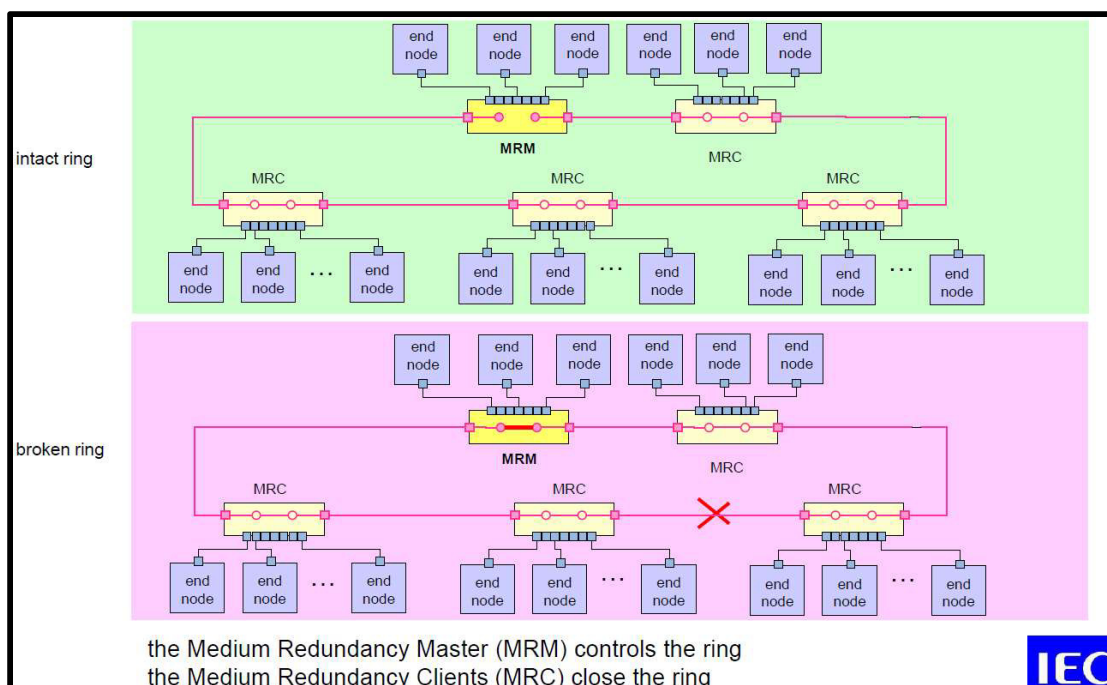


FIGURA 24: Funcionamiento de MRP.

Una vez definido el MRM, este envía BPDU en ambas direcciones con intervalos definidos de 20 ms para corroborar la integridad del anillo. Si los BPDU regresan en switch MRM, este considera que los puertos del anillo están cerrados y no hay presente falla alguna. En caso de que el MRM no reciba más de tres BPDU consecutivos, éste interpreta que existe una falla en topología tipo anillo. Una vez detectada la falla, el MRM enviara una notificación de cambio de topología en los puertos del anillo. Al momento de que un MRC reciba la notificación de cambio de topología deberá limpiar su tabla de direcciones MAC. Por el funcionamiento anterior y tiempo de recuperación menor a 200ms, se considera que al protocolo MRP uno de los más eficientes, incluso cuando la estructura de red es bastante grande.

### 5.9.3.5. Parallel Redundancy Protocol

Se encuentra normalizado bajo el estándar IEC 62439-3<sup>21</sup>, y se considera como una redundancia tipo estática. El PRP es un mecanismo que funciona con doble nodo adjunto, el cual utiliza dos LAN aisladas e independientes que operan de forma simultánea. Ambas redes se encuentran totalmente separadas y no tiene restricción máxima de nodos. Debido a que ambas redes son independientes, si una de ellas falla la otra red mantiene la comunicación con el dispositivo, por lo que no existe pérdida alguna de comunicación. Su gran desventaja es el excesivo costo por la duplicidad en la infraestructura de red: cables e instalación.

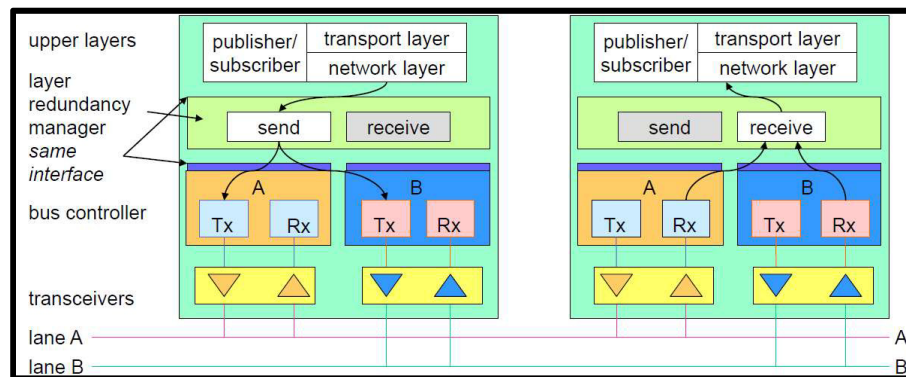


FIGURA 25: Estructura del Nodo en PRP.

<sup>21</sup> IEC 62439-3: Estándar especifica dos protocolos de redundancia para lograr una recuperación sin pérdidas basado en transmisión paralela.

## 5.10. Medios de Transmisión

### 5.10.1. Introducción

Se requieren de muchas consideraciones para poder seleccionar el medio de transmisión adecuado cuando la estructura se encuentra localizada en un ambiente de producción industrial. Es importante abordar el medio en este trabajo debido a las implicaciones que han tenido en Planta de Cervecería, específicamente para la Plataforma de Medición de Energía, cables de par trenzado que recorren instalaciones con alta temperatura, vapores y humedad. Con el fin de poder seleccionar el tipo de cable adecuado, primero se deben definir las condiciones del ambiente o áreas de aplicación.

Vibración y choque.
Transientes eléctricos.
Humedad.
Gases corrosivos.
Temperaturas extremas.
Agua, aceites y químicos.
Polvo y suciedad.
Giros, movimientos bruscos y torceduras.
Radiación solar.
Descargas electrostáticas.
Interferencias Electromagnéticas (EMI).
Virutas y limaduras metálicas.
Radiación (RF).
Fuerzas de tracción y trituración.

*TABLA 1: Consideraciones para seleccionar el tipo de cable como medio de transmisión según Phoenix Contact.*

El cableado para redes de Ethernet Industrial debe tomar en cuenta los puntos anteriormente mencionado a lo largo de su recorrido. En circunstancias, entradas de equipos conectados a una red donde el cable de par trenzado recorre áreas con temperaturas constantes y/o mayores a 55 grados Celsius. A este punto se debe tomar en cuenta si es factible realizar un cambio del cable acorde al área donde se encuentra y que pueda soportar las condiciones del ambiente; o realizar un cambio en la ruta de conexión.

Los estándares ANSI/TIA/EIA y los ISO/IEC especifican los componentes, diseños, instalaciones de rutas de la información, tipos de conductores, recubiertas externas, entre otros aspectos. El detalle, similitudes y diferencias entre las normativas no serán abordadas en este trabajo por encontrarse fuera de la delimitación del tema.

### 5.10.2. Par Trenzado

Ethernet migró hacia una topología donde el par trenzado de conductores hace posible la conexión sencilla de varias estaciones conectadas con uno o varios hubs. Lo que permitió trabajar con topologías tipo estrellas con longitudes máximas de segmentos entre participantes y hub de hasta 100 metros. Las diferentes variantes sobre la base de par trenzado se presentaron desde 10Base-T(10Mbps), 100Base-T (100Mbps), 1,000Base-T (1,000Mbps); y así sucesivamente. En la Tabla 2 se muestra esta interrelación anteriormente mencionada.

CLASE	D	D	E	$E_A$	F	$F_A$
CATEGORIA	5	$5_e$	6	$6_A$	7	$7_A$
FRECUENCIA (MHz)	100	100	250	500	600	1000
Ethernet	100Base-TX	1000Base-T	1000Base-T	10GBase-T	-	-
Data Rate (Mbps)	100	1000	1000	10000	-	-
Pares	2	4	4	4	-	-
Longitud	100 m	100 m	100 m	100 m	-	-

*TABLA 2: Clases y Categorías.*

En aplicaciones industriales generalmente se utilizan cables con 2 pares de hilos para velocidades de 100Mbps en longitudes máximas de hasta 100 metros, esto quiere decir Cat5e. Sin embargo, aplicaciones que requieren velocidades en el orden de gigabits por segundo es necesario utilizar 4 pares de hilos y conectores de 8 posiciones. Las versiones de cables en presentación de par trenzados pueden variar en hilos sólidos o multi filar. Según el fabricante Phoenix Contact se utiliza el conductor sólido para cables que no estarán en cambios de ubicación frecuente o constantemente flexionados. En cambio, la versión multi filar se utiliza en aplicaciones donde existen mucho movimiento, exposición a fuerzas de tracción, entre otras; por ejemplo, en brazos robóticos, bandas transportadoras y varias más de su tipo.

El cable que mayor uso tiene es el tipo Par Trenzado sin Pantalla (UTP), según Siemens, el cual provee suficiente inmunidad al ruido para muchas aplicaciones. Pero, si la fuente de ruido es lo suficientemente fuerte o demasiada cercana (en la industria: máquinas de soldar, conmutación de relevadores, celdas de media tensión, celdas de baja tensión, variadores de frecuencia, válvulas solenoides, transformadores y algunos otros elementos), puede llegar a interferir en la señal de datos. Las diferentes versiones de cable son: UTP, STP, S/UTP, S/STP y S/FTP.

Lo más importante para los requisitos de diseño son el uso de componentes lo suficientemente robustos. Esto difiere significativamente de los componentes para los centros de datos comunes en especificaciones, regulaciones y costos. En la Figura 26 se explica el significado en la nomenclatura por los tipos de cables y las versiones disponibles.

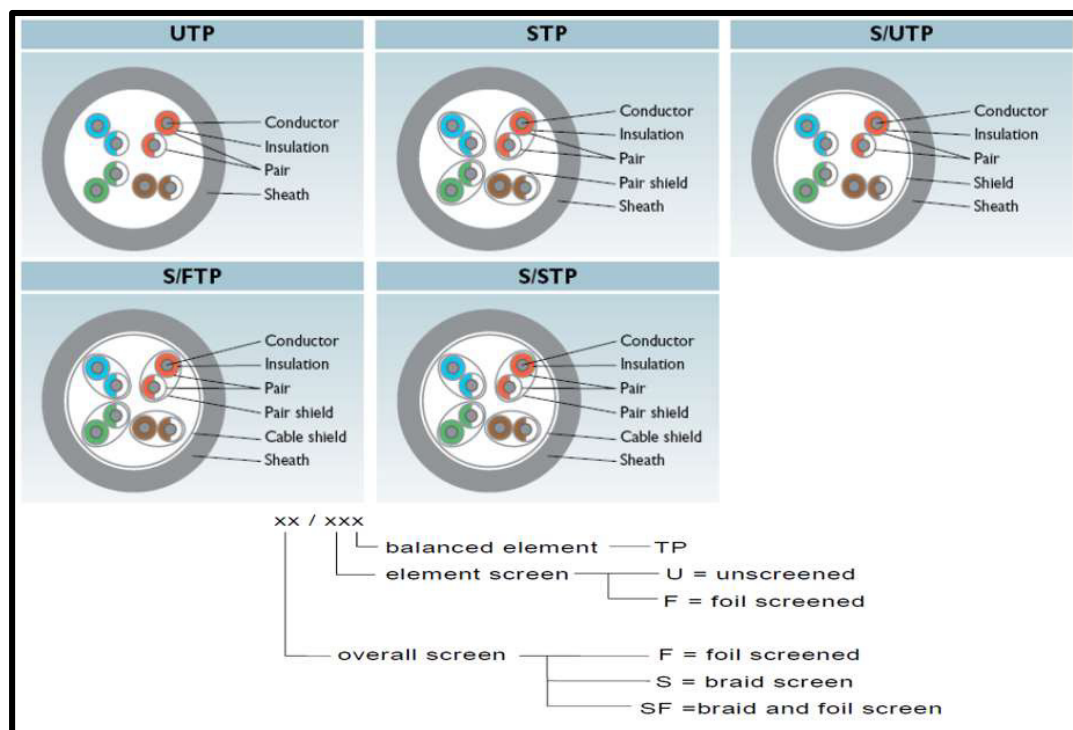


FIGURA 26: Significado de esquemas de cables y tipos de cable.

### 5.10.2.1. Conectores

Si se utilizan cables de par trenzado con pantalla es necesario utilizar conectores con pantalla. En la mayoría de las aplicaciones industriales, un conector con un grado de Protección de Ingreso (IP) en el rango de IP65 o IP67 será necesario para proteger contra contaminantes que puedan ingresar al conector y degradar el desempeño. Los conectores RJ45 diseñados para aplicaciones industriales son típicamente conectores más largos con un mecanismo de seguridad. Hay versiones con protección IP67 que cuentan con un sistema de sellado en la junta para proteger contra contaminantes y vibraciones. Un conector más pequeño IP20 se utiliza en áreas más “limpias” o dentro de los gabinetes de control.



FIGURA 27: Conectores RJ-45 y M12.

Los conectores M12 son más pequeños y se encuentran disponibles en versiones de 4 y 8 posiciones. La Asociación de Fabricantes de DeviceNet Abierta (ODVA) ha adoptado este tipo de conectores M12 Ethernet para aplicaciones industriales donde es capaz de proteger ante polvo, agua, vibraciones / impacto y temperaturas extremas. Figura 27.

### 5.10.3. Fibra Óptica

La opción a utilizar fibra óptica en una aplicación industrial ha ganado una gran relevancia sobre soluciones de par trenzado (cobre) por las siguientes razones:

- Altas velocidades de transmisión de datos
- No se requiere protección por pantalla
- Disponible para Ethernet Gigabit acorde a IEC 11801

Los tipos de fibra óptica son:

- Fibra Óptica Plásticas (POF): mismas características de Cat5e 100Mbps a 100m
- Recubierta de Silicia Dura (HCS): fibra de vidrio con recubierta de polímero
- Fibra Óptica de Vidrio (GOF): capacidades de transmisión de datos con las más altas velocidades. Longitudes máximas de varios kilómetros

#### 5.10.3.1. Conectores

La Figura 28 muestra los principales conectores de fibra óptica en aplicaciones industriales.



FIGURA 28: Conectores para Fibra Óptica.

## **5.11. Desarrollo de las Comunicaciones Industriales en la actualidad**

### **5.11.1. Introducción**

En este apartado se presenta un contraste entre las nuevas tecnologías de comunicación industrial a nivel global como lo son las nuevas tendencias o enfoques que diferentes fabricantes impulsan. Al igual que algunas diferencias sustanciales entre redes industriales de comunicación y redes de oficinas, partiendo de la referencia como la utilización de la plataforma de comunicación del departamento de informática en Planta de Cervecería ha servido para el sistema de medición de variables eléctricas.

Por otro lado, se presenta una visión general de los avances tecnológicos de este tema a nivel Industrial referenciado a la región Centroamericana, desde una perspectiva conceptual y aplicativa. Es muy importante aclarar que no es posible brindar información específica sobre la situación actual de las plantas a mencionar en los diferentes países debido a los estrictos compromisos y cláusulas de confidencialidad que los principales integradores de automatización de la región Centroamericana deben cumplir. Algunos de estos integradores son:

- Grupo Proa (Guatemala)
- Automatizaciones Industriales S.A. (Panamá)
- Soati (Costa Rica)
- Iprocen (Nicaragua)
- Esinsa (Guatemala)
- Sytek Integradores (Guatemala)
- Fasor (El Salvador)

En los recientes años la región de Centro América ha experimentado una incursión fuerte en la Automatización Industrial, según los integradores consultados. La implementación de controladores y diferentes sistemas como PLC o DCS ha propiciado la utilización de equipos de comunicación sobre Ethernet que se separan de las redes de oficinas y poseen prestaciones acordes a los ambientes donde se necesitan, lo cual indica que existe una relación directa entre ambas, cambiando el concepto de hasta hace unos años donde en las Plantas solamente existía un sistema de transporte de



información en el cual convergían todos los subsistemas de una Planta o Industria.

### 5.11.2. Separación entre Redes de Oficinas y Redes Industriales

Las redes de comunicación a nivel industrial, especialmente sobre Ethernet pueden estar constituidas por diferentes elementos: una célula o conjunto de células de automatización; un sistema o varios de ellos dependiendo el nivel que ocupen en la Pirámide de Automatización. La necesidad de independizar ambas redes: IT e Industriales no sólo consiste en los elementos primarios de comunicación (Switches) sino en diferentes aspectos, tanto funcionales, requerimientos específicos y componentes adicionales La TABLA 3: Características, requerimientos y particularidades de un Ambiente de Oficinas y un Ambiente Industrial.recopila las características de los dos escenarios mencionados.

<b>Ambiente de Oficinas(IT)</b>	<b>Ambiente Industrial</b>
Instalaciones fijas básicas en el edificio	Aplicaciones de sistemas específicos
Conexiones de red variables para estaciones de trabajo	Puntos de conexión con las redes son raras veces o nunca cambiadas / modificadas
Los cables son colocados en pisos falsos de oficinas	Los cables recorren las áreas de producción y procesos, canalizados por tuberías o totalmente expuestos
Uso de cables prefabricados	Uso de conectores para cables que pueden ser ensamblados directamente en el sitio
Estaciones de trabajo estándares con RJ45	RJ45 dentro de los armarios de control y potencia; M12 de uso regular en el campo en fibra óptica y cableado destinados para aplicaciones de conductores de cables móviles
Sistemas de alimentación en 240V AC ó 120V AC	Implementaciones de sistemas de puesta a tierra cuidadosamente realizados. Alimentación en 24V DC redundante y Power over Ethernet (PoE)
Topología estrella	Regularmente sistemas de bus lineal o topología anillo. La redundancia se utiliza si la aplicación lo requiere
Gabinetes para switch de tamaño estándar: 19 pulgadas	Equipos para montaje sobre riel DIN, de dimensiones variables según se requiera. Casos especiales para montaje directamente en el campo, a intemperie
Vida de servicio de alrededor de 5 años	Vida de servicio esperado de 10 años
Dispositivos con sistemas de ventilación activos (ventiladores)	Ventilación pasiva (partes fijas, disipadores)

Sin indicación de alarmas por contactos eléctricos conmutables	Contactos eléctricos conmutables para indicación de alarmas o fallas
Temperaturas moderadas con bajas fluctuaciones	Temperaturas extremas con altísimas fluctuaciones
Instalaciones generalmente con poco polvo	Instalaciones con alta proliferación de polvo
Instalaciones con humedad controlada o poca; sin presencia de agua	Instalaciones con presencia de humedad o agua
Instalaciones con pocos impactos o bajas vibraciones	Instalaciones con presencia de impactos y vibraciones
Bajo nivel del EMC	Alto nivel de EMC
Baja carga mecánica	Alta carga mecánica
Instalaciones en sitios sin riesgo químico	Impacto químico debido a los ambientes con presencia de aceites o atmosferas agresivas
Instalaciones sin riesgo de radiación directa	Alta exposición a radiación UV en ambiente a intemperie

*TABLA 3: Características, requerimientos y particularidades de un Ambiente de Oficinas y un Ambiente Industrial.*

La unión entre una red de comunicación de oficinas y una red de comunicación industrial, ambas sobre Ethernet, se puede realizar de diferentes formas y es específica para cada caso particular. Este punto no será abordado en este trabajo ya que se encuentra fuera de los objetivos del mismo.

### **5.11.3. Nuevas Tecnologías en Redes de Comunicación Industrial**

Partiendo del concepto de la infraestructura de una red Ethernet Industrial estándar, FIGURA 29: Infraestructura "Industrial Ethernet". , las nuevas tecnologías de comunicación abarcan mejoras en pro de la optimización y disponibilidad de las comunicaciones existentes sobre Ethernet para aplicaciones convencionales y otras críticas. También interfaces de comunicación internas utilizando medios de transmisión inalámbrica industrial; interfaces externas por accesos remotos para monitoreo y control a través de la telefonía celular 2G, 3G y LTE con la opción de Firewall integrados. Y los últimos avances incluyen servicios dedicados para enlaces seguros en cualquier parte del mundo sin la necesidad de contar con la prestación de IP pública.

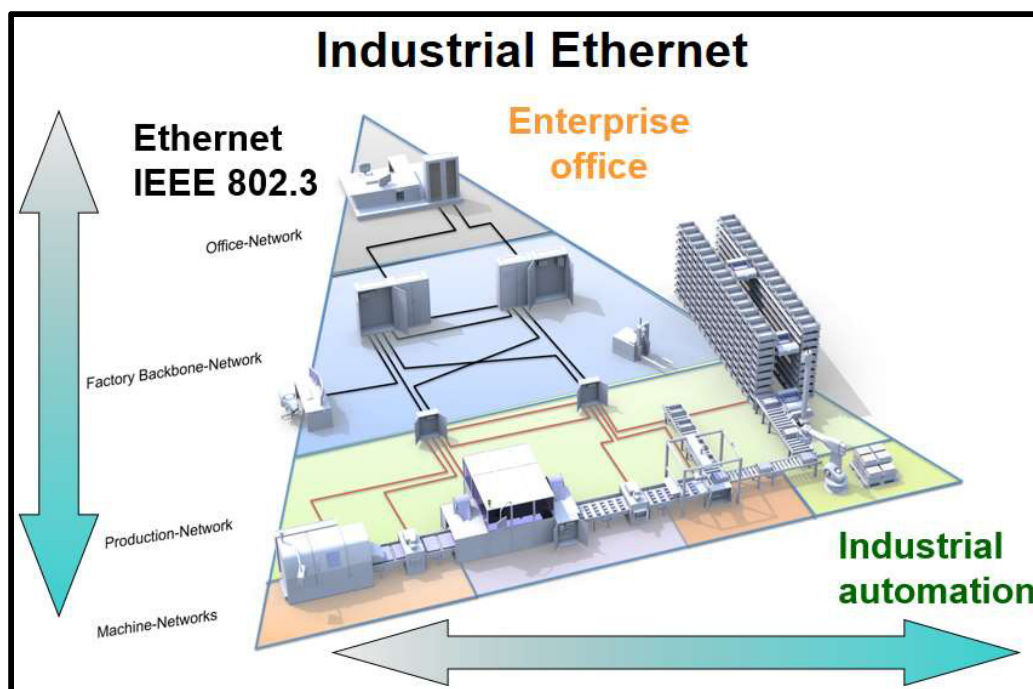


FIGURA 29: Infraestructura "Industrial Ethernet".

Generalmente son los fabricantes quienes marcan el panorama de las nuevas tecnologías en función de las soluciones que proveen para ciertas aplicaciones. Sin embargo, esto no es una regla general como fue el caso del fabricante Simon al intentar introducir la categoría 7, la cual no fue validada. Para Ethernet Industrial se perfilan 2 tendencias muy marcadas: PROFINET y EtherNet/IP. En el caso de la primera, equipos y sistemas para aplicaciones de “tiempo real” por un lado, switches que optimizan el tráfico dentro de estructuras complejas. Respecto a EtherNet/IP, la implementación para sistemas en “tiempo real” también se encuentra disponible, switches para administración más eficiente del tráfico y redundancias lógicas en anillo mediante Device Level Ring (DLR) con tiempos de recuperación menor a 3ms. Puntos de acceso inalámbrico para los protocolos de Profinet y EtherNet/IP son ahora soportados por varios fabricantes ya sea por Wireless Ethernet o Bluetooth.

Dentro de las comunicaciones sobre Ethernet a nivel industrial, el sector de energía muestra una de migraciones universales más importantes. Se trata de la estandarización para las comunicaciones en los sistemas de transmisión de energía, protección en líneas de alta, baja y media tensión. Anteriormente en Europa y parte de Asia se realizaba bajo: Modbus, IEC 60870-5-1001/104 ó IEC 60870-5103; y en el caso

de América con DNP 3.0. Sin embargo, la estandarización hoy en día se refiere al nuevo IEC 61850 mediante sistemas de Redundancia PRP. Este segmento industrial requiere de equipos y sistemas con características muy específicas y diferentes a las utilizadas incluso en las redes de automatización industrial estándar.

En vista de la separación entre las redes de oficinas (IT) y las redes de Industriales, y tomando en cuenta las políticas que muchas corporaciones a nivel de los departamentos de informática aplican a sus redes. Hoy es posible encontrar servicios de conexiones industriales por medio de la nube diseñadas especialmente para brindar soluciones de asistencias remotas a diferentes maquinarias o procesos en cualquier parte del mundo sin la necesidad de solicitar los burocráticos permisos de conexión remota por las IP públicas de la compañía. Un claro ejemplo de eso son los fabricantes de sistemas de embotellados italianos, lo cuales tienen clientes en diferentes partes del mundo, como es el caso de Planta de Cervecería, y en caso de asistencia remota se conectan por medio de la nube con servicios de MGuard Cloud, FIGURA 30: Servicios de Conexiones Remotas Industriales por la nube..

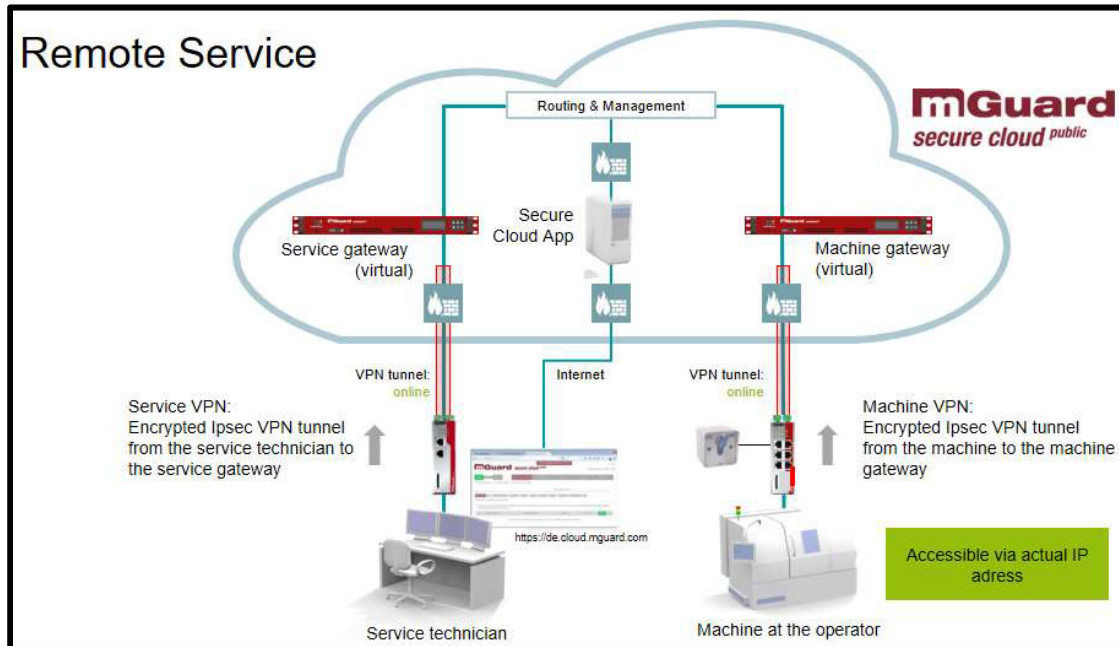


FIGURA 30: Servicios de Conexiones Remotas Industriales por la nube.

#### 5.11.4. Incursión de las Redes Industriales en Centro América

En la región Centroamericana la incursión de las redes de comunicación industrial sobre Ethernet ha estado marcada especialmente por la implementación de los sistemas automatizados. En su gran mayoría ha dependido de la capacidad económica de las diferentes compañías para implementación de controladores de lazo sencillos aislados para luego utilizar los controladores tipo PLC y finalmente llegar a construir sistemas DCS. Los casos más relevantes -según Esinsa-en este sentido han sido el sector azucarero desde la región norte, Guatemala; hasta la región sur, Panamá. Los cuales han ido migrando a lo largo de sistemas totalmente manuales, controladores de lazo, PLC y DCS. Dichas migraciones han tomado 15 a 20 años, en los cuales se encuentran casos como:

- Ingenio Magdalena (Guatemala)
- Ingenio Palo Gordo (Guatemala)
- Ingenio La Grecia (Honduras)
- Ingenio Tres Valles (Honduras)
- Ingenio Chaparrastique (El Salvador)
- Ingenio Casur (Nicaragua)
- Ingenio Monterrosa (Nicaragua)

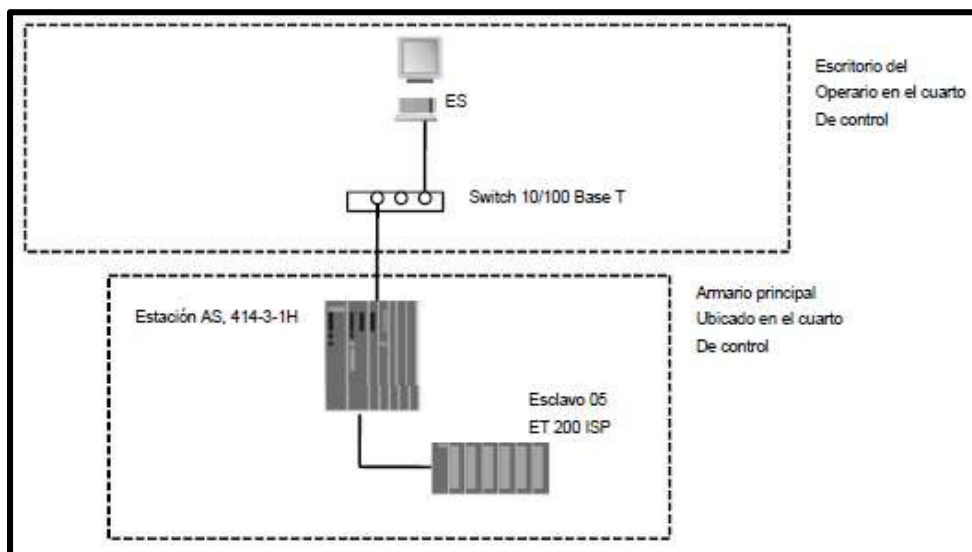


FIGURA 31: Esquema de Sistema de Control con PLC y SCADA sencillo.

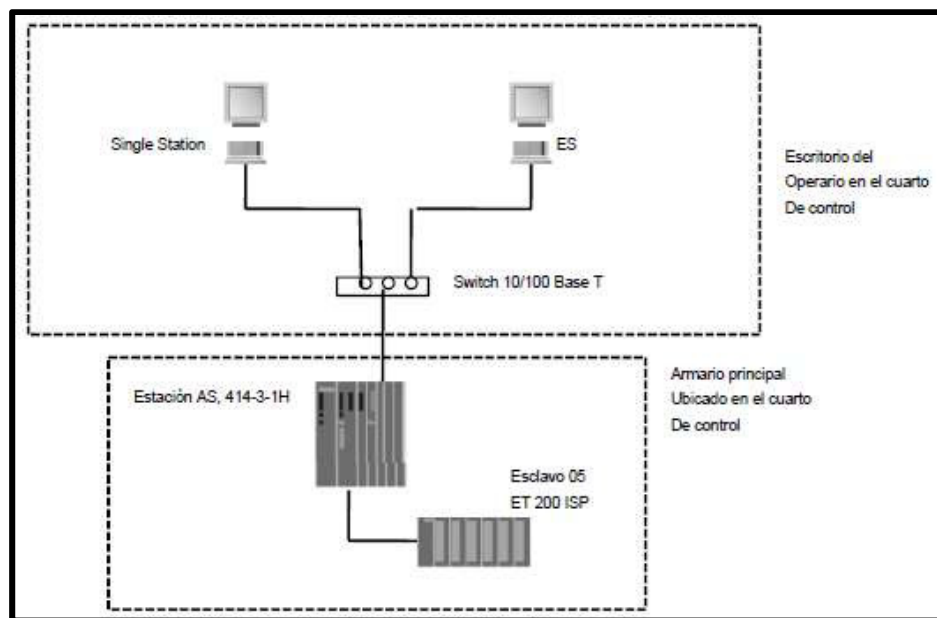


FIGURA 32: Esquema de Sistema de control básico con PLC y doble estación de Supervisión.

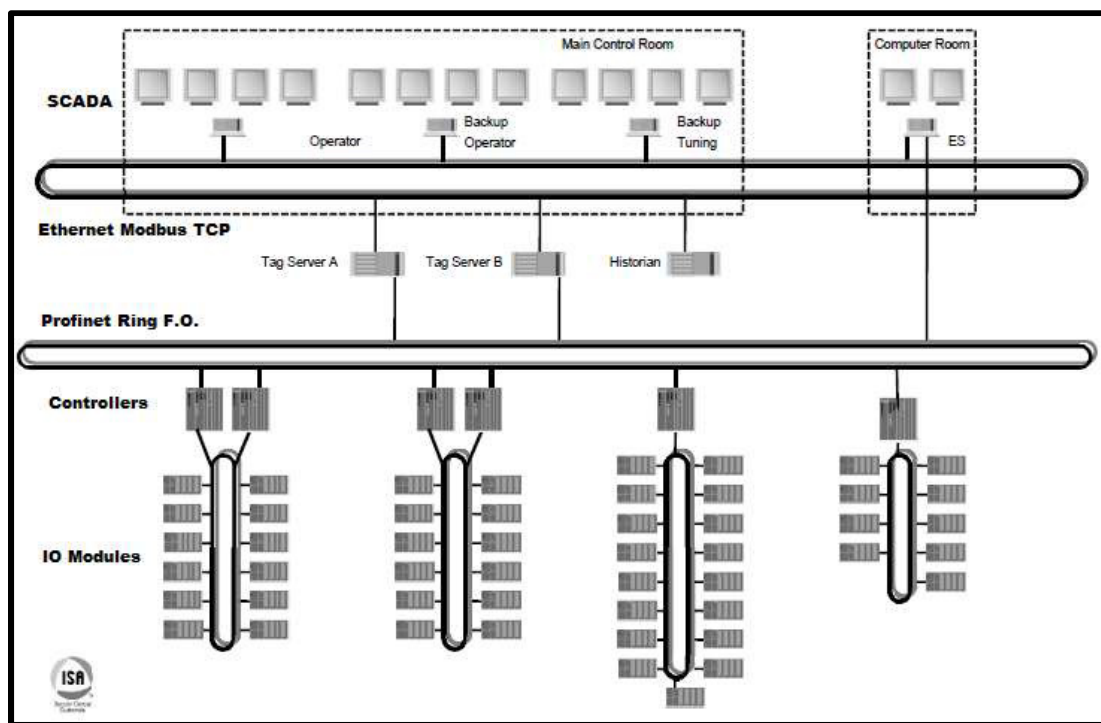


FIGURA 33: Esquema de Sistema de Control DCS y estaciones de Supervisión redundantes según Siemens.

En las Figuras 31, 32 y 33 se aprecian de forma conceptual los cambios que el sector azucarero ha sufrido en los últimos años. Como se puede observar, el crecimiento en la plataforma de control está acompañado de estructuras de comunicación industrial propias para las aplicaciones particulares. No existe un estándar en este sentido para los diferentes ingenios azucareros de la región, en donde se pueden observar sistemas de control principalmente basados en plataformas de Siemens, Allen Bradley, Foxboro, Schneider Electric y ABB. Las plataformas de comunicación industrial varían de igual forma entre equipos de Siemens, Phoenix Contact, Hirschmann, Schneider Electric y Moxa.

Casos parecidos, pero en contextos diferentes, es el sector de Generación de Energía que ha sufrido significativos cambios en las plataformas de control y por ende en sus estructuras de comunicación a nivel industrial. Sin embargo, dentro de este sector los cambios más lentos han sido en las Hidroeléctricas, las cuales en algunos países aún conservan sistemas de control descentralizados sin plataformas de Supervisión propiamente definidas. A excepción -según Grupo Proa- del auge que han tenido las pequeñas Hidroeléctricas en países como Guatemala y Costa Rica donde el grupo de energías renovables que forman la matriz energética está en los rangos de 1MW hasta 10MW; poseen sistemas de control modernos con infraestructuras de comunicación de vanguardia.

En el sector de Bebidas y Alimentos, los cambios son muy drásticos entre los diferentes países, desde Plantas con sistemas totalmente integrados hasta sistemas híbridos manuales-automáticos. En donde los protocolos de comunicación sobre Ethernet mayormente utilizados son: Profinet, Modbus TCP/IP y EtherNet/IP. En la región Centroamericana la industria que presenta estructuras bien definidas según la Pirámide de Automatización con sus diferentes niveles corresponde a la Industria de Cementos. Plantas como Cementos Progreso (Guatemala), Holcim (Guatemala, El Salvador y Nicaragua) y CEMEX (Guatemala, Nicaragua, Costa Rica) presentan la implementación de cada una de sus etapas.

## **6. DISEÑO METODOLÓGICO**

A continuación, se presenta el procedimiento a utilizar para abordar una modalidad de Proyecto Factible la cual brinda una solución a la necesidad de disponer de una Red Ethernet Industrial en la Planta de Cervecería. Por lo tanto, se implementa un método de Investigación para un trabajo con grado de Ingeniería según Grech (2,001).<sup>22</sup>

### **6.1. Investigación**

En este apartado se ha procedido a realizar la recolección de la información mediante la observación e indagación, revisión física de las instalaciones, esquematización de las condiciones actuales, revisión de planos eléctricos y comprensión en las rutas lógicas necesarias de comunicación. Es importante mencionar que debido a las cláusulas de confidencialidad y secreto profesional ciertos datos operacionales, registros de consumo de energía y listados de direcciones IP de los medidores de energía no pueden ser publicados en este documento. Como se ha comentado en los Capítulos anteriores, Planta de Cervecería actualmente no cuenta con una Red de Ethernet Industrial de interconexión a nivel de Supervisión, Planificación y Gestión, la cual enlace las áreas de producción, almacenamiento, distribución de energía; las diferentes Células de Automatización se encuentran aisladas entre ellas. Por lo que no se cuenta con una arquitectura de red de comunicaciones, a excepción de los medidores de energía que forman parte de las diferentes redes locales de oficinas.

#### **6.1.1. Instalaciones de Planta**

La FIGURA 34: Vista de Planta Cervecería., muestra las instalaciones de la Cervecería, se identifican las áreas de proceso y producción principales en donde se cuenta de momento un sistema de Supervisión Local.

---

<sup>22</sup> Basado en P. Grech (2001). Introducción a la Ingeniería: Un enfoque a través del diseño.



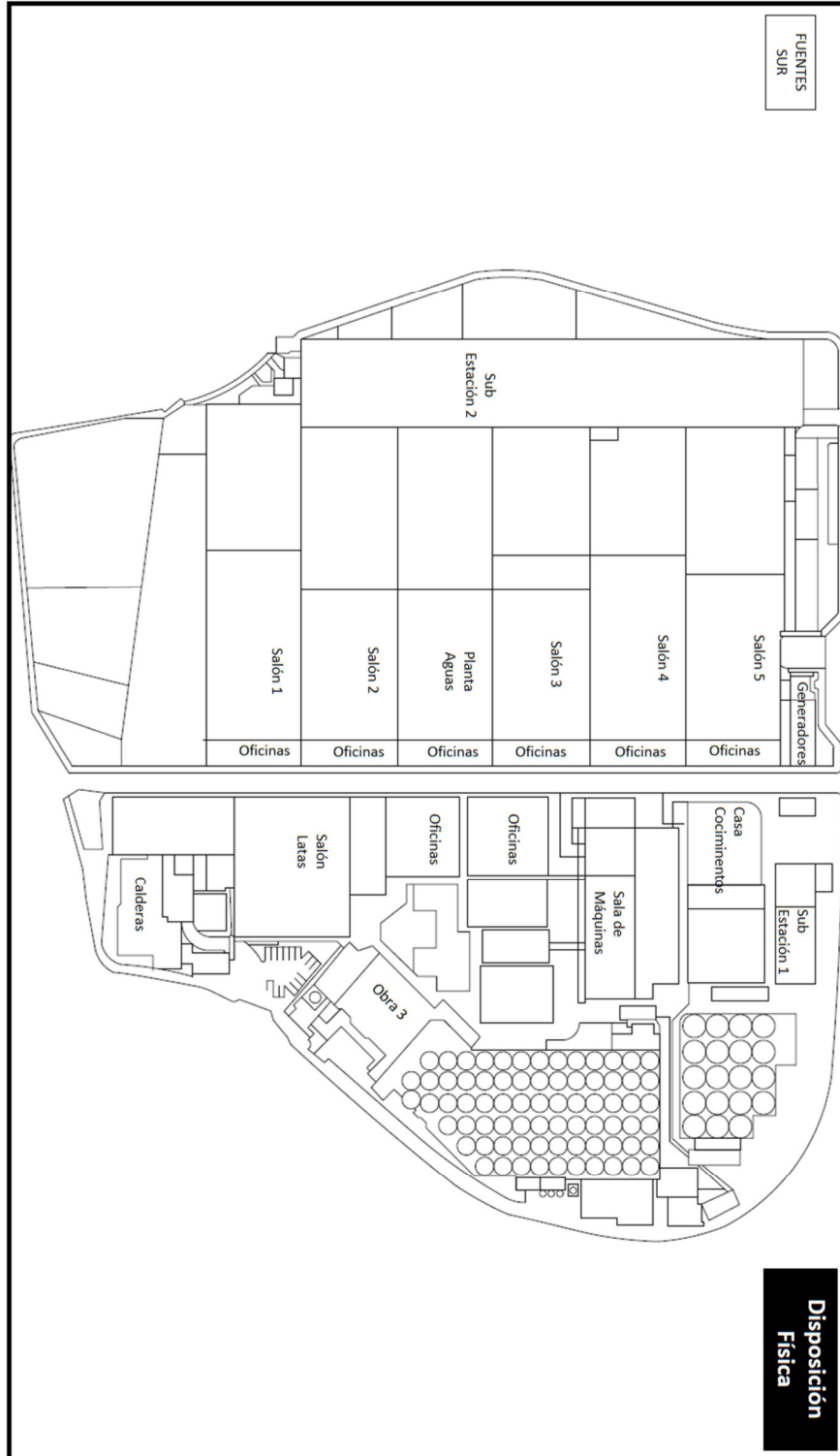


FIGURA 34: Vista de Planta Cervecería.

En forma conjunta la Planta cuenta con las siguientes áreas de Producción, Proceso, Servicios de suministro de energía externa e interna, Suministro de Agua:

Generadores	Casa de Cocimientos
Salón 3 y 4	Salón 5
Sub Estación 2	Cuarto de Control Sala de Máquinas
Salón 2	Fuentes Sur
Calderas	Planta de Aguas
Obra 3	Salón 1
Sala de Máquinas	Salón Latas
Sub Estación 1	

*TABLA 4: Planta de Cervecería: Áreas de Producción y Proceso.*

Al momento de realizar esta fase, en la investigación de las instalaciones de planta se encontró operando la red de medición de energía por medio las diferentes redes locales de oficinas las cuales se encuentran distribuidas en los edificios del complejo. De igual forma una estructura MES a nivel de Planificación se encontró funcionando con características básicas en el Salón 5 únicamente como primera fase de experimentación sobre esta plataforma.

#### **6.1.1.1. Localización de Células de Automatización**

La TABLA 5: *Células de Automatización*. muestra la localización de las diferentes Células de Automatización junto con la indicación del área de proceso / producción a la que pertenecen respectivamente.

<b>Área de Proceso / Producción</b>	<b>Célula de Automatización</b>	<b>Estación</b>
Sala de Máquinas	Recuperación CO2	Recuperación CO2
	Máquinas 1	MES Fase1
	Máquinas 2	MES Fase2
	Torres de Enfriamiento	AWSR01 FOXBORO
	Secadores	WPSR02 FOXBORO
	Separación	
Salón 5	Línea envasado 1	Workstation Ingreso Datos Manuales / Salón 5
	Línea envasado 2	
	Línea envasado 3	
	Línea envasado 4	

Salón 5	Iluminación	Iluminataion Station
Salón 3 y 4	Línea 1	MES 3
	Línea 2	MES 4
Sub Estación 2	-	Protección
Fuentes Sur	Pozo 1	Estación Fuentes Sur
	Pozo 2	
	Pozo 3	
Salón 2	Líneas Envasado 1	Estación Salón 2
	Línea Envasado 2	
Calderas	Caldera 1	Estación 1
	Caldera 2	Estación 2
	Caldera 3	Estación 3
	Caldera 4	Estación 4
Casa Cocimientos	Cocimientos	Estación 1
		Estación 2
		Estación 3
		Estación 4
Obra 3	Ferm 1	-
	Ferm 2	-
Generadores	-	Protección
Sub Estación 1	-	Protección
Planta de Aguas	Filtro	Estación 1
	Ionizado	Estación 2

*TABLA 5: Células de Automatización.*

Es importante señalar que no todas las células de automatización señaladas anteriormente formarán parte de MES, ya que algunas áreas aún se encuentran en proceso de modernización. En los siguientes apartados se detallarán aquellas que conformarán la primera estructura MES.

### 6.1.1.2. Sensores en Planta

En Planta de Cervecería se han encontrado una amplia variedad de sensores de campo para medición de diferentes variables de proceso. En la FIGURA 35: Visualización variables de campo para suministro de agua hacia diferentes procesos. se muestran las diferentes variables medidas pertenecientes al área de proceso: Sala de Máquinas, específicamente la célula de automatización de Torre de Enfriamiento.



FIGURA 35: Visualización variables de campo para suministro de agua hacia diferentes procesos.

Los sensores en Planta para variables de proceso con medición continua son los siguientes:

- Presión: se cuenta con transmisores de presión absoluta, relativa, diferencial y vacío. La mayoría de estos instrumentos poseen salidas analógicas 4-20ma y comunicación HART. Algunos transmisores de presión diferencial cuentan con comunicación directa mediante Profibus DP y Profibus PA. En el caso de visualización local cada transmisor digital cuenta con su contraparte de manómetros locales. Las marcas de instrumentos localizadas corresponden a Siemens, Foxboro, Honeywell, Enderss+Hauser, Pepperl+Fuchs, ABB, Reotemp, Trerice y Yokogawa

- Caudal: Los instrumentos electrónicos de medición de flujo mayormente utilizados son transmisores magnéticos, coriolis, ultrasónico, con turbina, desplazamientos positivo tipo disco oscilante y vórtex; con salidas analógicas de corriente y HART. Para el caso de transmisores magnéticos y de flujo másico hay disponibles con interfaces a Profibus DP, Profibus PA y Modbus TCP.
- Nivel: la instrumentación encontrada para medición electrónica de nivel corresponde a transmisores de presión diferencial, ultrasónico, radar onda guiada, laser y presión hidrostática. En el caso de estos transmisores poseen salidas analógicas de lazos de corriente con comunicación HART
- Temperatura: los sensores para medición de temperatura son en su mayoría tipo RTD: PT100, PT1000 y NT100; de igual forma se encuentran termopares tipo K, J, B y R. Cabe mencionar que algunos controladores y unidades remotas poseen módulos especiales de entradas para RTD y TC, y otras estaciones cuentan con convertidores de señal con salida de lazo de corriente
- Peso: galgas extensiométricas con sus respectivos convertidores de señal para los sistemas de dosificación
- Viscosidad, oxígeno disuelto, composición de gases, turbidez y pH son algunos de otros instrumentos localizados en diferentes áreas de proceso

Los sensores en Planta para variables de proceso discretas o de cambio de estado son los siguientes:

- Presión: se encuentra interruptores de presión como mecanismos de seguridad para diferentes aplicaciones en proceso; salidas de contacto tipo SPDT
- Caudal: los interruptores de flujo presentes, en su mayoría, como una medida de doble verificación ante la presencia o no de fluidos en las tuberías. Por ejemplo, en la célula de automatización para recuperación de  $CO_2$

- Nivel: Al igual que los interruptores de caudal se utilizan como doble verificación para niveles de seguridad muy altos o bajos. Se encuentran diferentes tecnologías: capacitivos, vibración, laser, electrodos conductivos, contacto flotante, sonda con interruptor y seguidores de nivel magnéticos
- Temperatura: de mayor uso en área de Casa de Cocimientos para el proceso de cocción. Interruptores de temperatura para validar seguridad en muy altos valores
- Posición y presencia: corresponden a la mayor cantidad de instrumentos presentes, especialmente en el área de Salones (embotellado). Los hay de diferentes tecnologías: capacitivos, mecánicos, ultrasónicos, inductivos, resistivos y fotoeléctricos. Las líneas de envasado y producto terminado poseen una gran cantidad de sensores para detectar la presencia de botellas y latas. Con salidas tipo transistor: NPN y PNP; también configuración NAMUR

#### **6.1.1.3. Sistemas e interfaces en Planta**

En los apartados anteriores se han listado las diferentes Células de Automatización con sus respectivas estaciones en función, principalmente, del área de proceso/producción. Se han encontrado diferentes marcas de sistemas e interfaces por cada una de las áreas como se verá a continuación:

- Sala de Máquinas: Sistema de Control Foxboro, con interfaces de campo FoxCom <sup>23</sup>, HART, y Profibus DP; y comunicación por Modbus TCP
- Salón 5: Sistema de control Allen Bradley con interfaces DeviceNet, EtherNet/IP, HART, Modbus TCP y Profibus DP
- Salón 3 y 4: Sistemas de control Siemens con interfaces Profibus DP, Profinet, HART, Modbus TCP y AS-i. Ver FIGURA 36: Arquitectura de comunicaciones sistema DCS Siemens para Distribución de Agua en Salones.

---

<sup>23</sup> FoxCom: Protocolo de comunicación propietario de Foxboro.

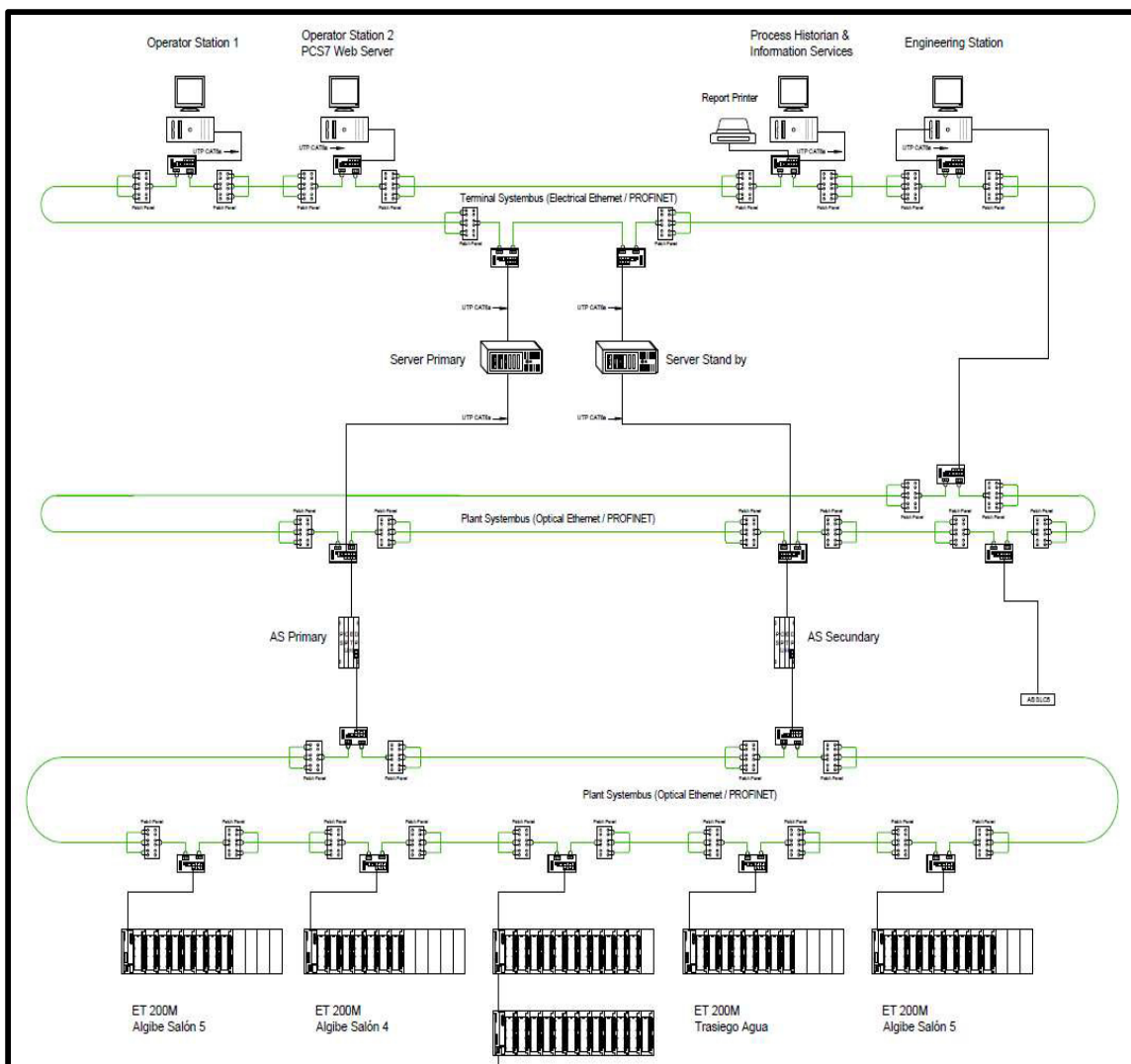


FIGURA 36: Arquitectura de comunicaciones sistema DCS Siemens para Distribución de Agua en Salones.

- Sub Estación 2: Sistemas de medición parámetros eléctricos Schneider Electric y GE, con interfaces por Modbus TCP y Modbus RTU
- Fuentes Sur: Sistema de control Allen Bradley con interfaces por DeviceNet, EtherNet/IP, HART, Modbus TCP y CANopen
- Salón 2: Sistema de control Siemens con interfaces de comunicación por Profibus DP, Profibus PA, Profinet, HART, AS-i y Modbus TCP
- Calderas: Sistema de control Allen Bradley con interfaces de comunicación por DeviceNet, EtherNet/IP, HART, Modbus TCP y CANopen

- Casa de Cocimientos: Sistemas de control Siemens/Phoenix Contact con interfaces de comunicación Profibus DP, Profinet, Interbus, HART, Modbus TCP y Profibus PA. Ver FIGURA 37: Interfaces sistemas de control en Casa de Cocimientos Siemens/Phoenix Contact mediante Profibus DP e Interbus.



*FIGURA 37: Interfaces sistemas de control en Casa de Cocimientos Siemens/Phoenix Contact mediante Profibus DP e Interbus.*

- Obra 3: Sistema de control Siemens con interfaces Profibus DP, Profinet, HART, Modbus TCP y AS-i
- Generadores: Sistemas de medición parámetros eléctricos Schneider Electric y GE, con interfaces por Modbus TCP y Modbus RTU



- Sub Estación 1: Sistemas de medición parámetros eléctricos Schneider Electric, GE, SEL y Siemens, con interfaces por Modbus TCP y Modbus RTU
- Planta Aguas: Sistema de control Allen Bradley con interfaces por DeviceNet, EtherNet/IP, HART, Modbus TCP y CANopen

El sistema MES tendrá un acceso directo las estaciones de control y los historiadores de cada Célula de Automatización por medio de OPC. La interconexión de los diferentes sistemas establecidos en Planta de Cervecería se realizará a través de Ethernet, en nuestro caso Ethernet Industrial.

En las áreas de proceso donde se cuente equipos para el Sistema de Medición de Energía la interfaz de comunicación se llevará a cabo por medio de Modbus TCP y Modbus RTU. La medición de parámetros de eléctricos por área es independiente de la propia red de comunicación del proceso o área.

#### 6.1.1.4. Sistema de Medición de Energía

El actual sistema de medición de energía, StruxureWare, cuenta con un total de 155 puntos de recolección de parámetros eléctricos, los cuales se encuentran dispersos a lo largo de toda la Planta de Cervecería. Un grupo de medidores (105) poseen comunicación Modbus TCP/IP, y el restante (50) se encuentran distribuidos en pequeños segmentos de redes mediante el protocolo de comunicación Modbus RTU sobre el estándar de comunicación RS-485. Por medio de pasarelas de comunicación Modbus RTU a Modbus TCP/IP, estos 50 dispositivos se conectan sobre Ethernet hacia las diferentes redes locales de oficinas (Red Administrativa). Ver Figura 38.

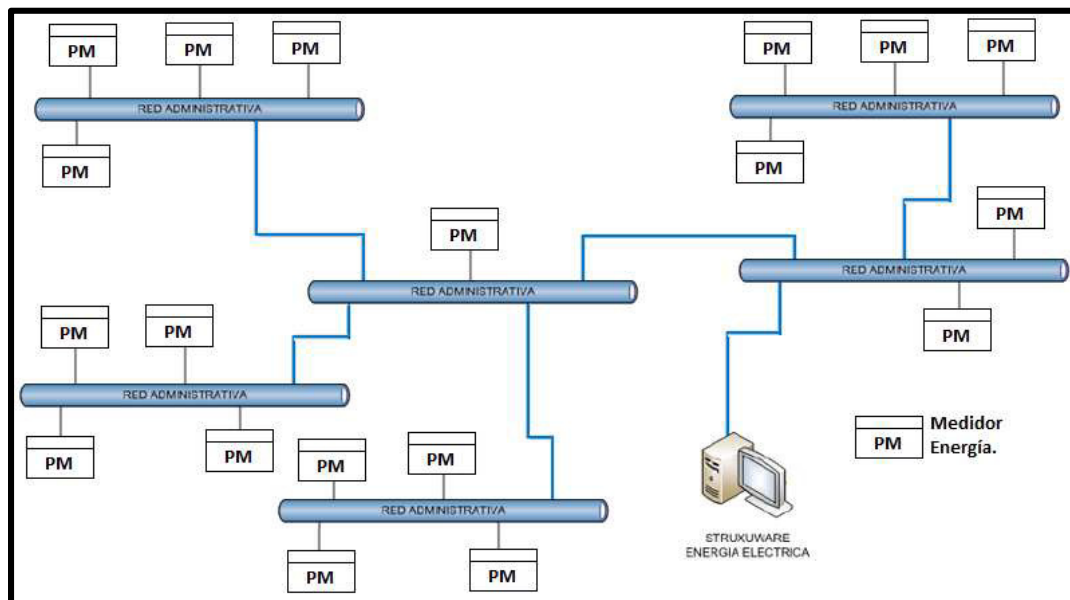


FIGURA 38: Sistema de Medición de Energía actual.

Las diferentes redes locales de oficinas se encuentran distribuidas por los edificios y son administradas por el Departamento de Informática (IT), debido a esto la información sobre la segmentación por redes no fue posible revisar. En la Figura 38 se muestra un bosquejo constructivo en base a los datos de campos recolectados.

#### 6.1.1.4.1. Distribución de los sitios de Medición de Energía

Durante la revisión física realizada en Planta de Cervecería se contabilizaron un total de 155 medidores de energía, los cuales se encuentran distribuidos según se aprecia en la *TABLA 6: Ubicación medidores energía.*

Ubicación	Puntos Medición
Salón 2	6
Salón 3 y 4	10
Sub Estación 2	2
Generadores	12
Sub Estación 1	8
Calderas	6
Obra 3	3
Sala de Máquinas	13
Salón 5	0
Fuentes Sur	0
Casa Cocimientos	0
Planta Aguas	0
Servicios Varios	70
Oficinas	25
<b>TOTAL</b>	<b>155</b>

*TABLA 6: Ubicación medidores energía.*

Todos los medidores de energía se encuentran localizados dentro de tableros, ya sean metálicos y/o poliéster. Algunos de ellos en las celdas principales de distribución de energía en baja tensión.

#### 6.1.1.4.2. Registro de fallas

Durante la primera semana en donde se realizaron recorridos por las diferentes áreas para conocer sobre la plataforma fue posible presenciar los registros nulos en ciertos medidores que se encuentran en la red local de oficinas perteneciente a las Sub Estación 1, Sub Estación 2, Calderas y Generadores. Se observaron en los gráficos de

las tendencias la ausencia en los datos por lapsos de 1 hora hasta 5 horas continuas.  
Ver FIGURA 39: Registros fallidos por comunicación.

Al realizar la revisión in situ se encontraron las siguientes situaciones:

- Conectores RJ45 de los switches desconectados
- Módulos de alimentación de los switches con cables fisurados.
- Switches reiniciándose cada 15 minutos, dentro de tablero del Breaker principal proveniente de Sub Estación 1
- Mal estados de los cables, recubiertas rasgadas



FIGURA 39: Registros fallidos por comunicación.

Las gráficas de tendencias de cada uno de los medidores no serán mostradas en este trabajo por razones de confidencialidad de la información.

#### 6.1.1.4.3. Conexiones de los medios físicos

Durante la revisión física en los diferentes sitios que contaban con medidores de energía se observó que el medio físico de comunicación entre estos dispositivos y los switches correspondientes es cable de red tipo UTP únicamente. Como se puntualizó anteriormente, segmentos de cable de red presentaban daños en la recubierta: fisurados. Se constató que algunos segmentos de cable UTP dentro de las tuberías de canalización y gabinetes de distribución de energía se encontraban discontinuados (presencia de empalmes). Y algunos de los conectores RJ45 ensamblados in situ estaban en mal estado, conductores internos que se podían desconectar al mover el switch. Ciertos trayectos de cable UTP excedía la distancia de 100 metros, debido a la ubicación del switch y el medidor de energía, presentando extensiones aun con empalmes.

## **6.2. Decisión**

En esta fase se hacen las consideraciones de posibles soluciones basadas en los datos recopilados en el apartado anterior durante el proceso de investigación realizado. Las alternativas para solventar las situaciones problemáticas tienen su fundamento en la información descrita en el marco teórico.

El principal punto considerado ha sido la separación entre las redes locales de oficinas y una red determinada para comunicaciones de tipo industrial. Se han tomado en cuenta los siguientes puntos:

- Fallas comunes por cableado como medio físico de comunicación incorrecto
- El personal de servicios técnicos no tiene autorización para realizar mantenimiento o cambios en equipos y cableado porque pertenecen al Departamento de Informática (IT)
- Los switches de comunicación actuales no poseen salidas digitales para monitoreo de estado del mismo
- Todos los switches utilizados para la red de medición de energía son del tipo no administrables
- Limitación de escalabilidad en crecimiento debido a un diseño inapropiado
- Falta de seguridad para limitar ingresos no autorizados
- Equipos utilizados inadecuados debido a las condiciones de operación en las áreas: temperatura, vibraciones, inducción electromagnética, alto porcentaje de humedad, cercanía fuentes de generación de corrientes y voltajes transitorios

### **6.2.1. Independencia de las Redes: Medición Energía y MES**

La implementación de una Red Ethernet Industrial para comunicación de dispositivos de campo (medidores de energía) y la interconexión de las islas de automatización hacia niveles de Supervisión, Planificación y Gestión; se relacionan por la finalidad que tiene MES, sin embargo, los usuarios y responsables de ambos

sistemas son diferentes. Por otro lado, debido a la cantidad de dispositivos que actualmente forman parte, y previendo un crecimiento ordenado en los próximos 5 a 10 años, la separación de las redes será necesaria desde el punto de vista físico y lógico. La segmentación de las redes es importante para evitar posibles colisiones, excesivo tráfico, crecimientos previstos sin limitar en uno u otro sistema, separación de fallas estructurales, entre otras razones. Partiendo de esto, se ha considerado utilizar medios físicos para MES y para StruxureWare independientes.

### **6.2.2. Especificación de las Topologías de Red Física**

La especificación de las topologías de red física adecuadas para los sistemas MES y Medición de Energía se ha iniciado tomando en consideración la disposición geográfica de las diferentes áreas que se encuentran en la Planta, *Anexo II*, la investigación teórica que sustenta esta propuesta diseño de Red Ethernet Industrial está en el apartado de Topologías de Red. Las topologías evaluadas han sido bus, estrella y anillo desde factores como: costo instalación, costos materiales, distancias máximas, estructura física flexible para crecimiento, facilidad en los trayectos de instalación y redundancia. Por lo anterior, la topología tipo anillo será la apropiada para el diseño.

Los sitios seleccionados para ubicar los nodos (Switches Administrables) son los siguientes

- Sala de Máquinas
- Obra 3
- Calderas
- Salón 2
- Sub Estación 2
- Salón 3 y 4 (Cuarto de Control común)
- Salón 5
- Generadores
- Sub Estación 2

Se ha considerado la implementación de dos anillos de fibra óptica, uno para cada red, según se planteó en el apartado de Independencia de las Redes. Es importante recalcar

que no necesariamente ambas redes (MES y Medición) tendrán switches administrables en todas las áreas por donde el anillo (backbone de fibra) recorre. Esto se debe a que ambas redes no tendrán participantes o células de automatización en todas áreas descritas anteriormente, por tanto, en los sectores que no tengan un equipo activo de comunicación se establecerá una caja de unión de fibra óptica para un eventual caso que se necesite un punto de acceso a la red.

El backbone de fibra no recorrerá todas las áreas involucradas y para las sitios que sean necesarios de comunicar a cualquiera de las redes se utilizará un segmento de red (topología bus) desde el nodo principal, por ejemplo, para la Red MES se hará una extensión en fibra óptica desde Sub Estación 2 hasta Fuentes Sur, el cual se encuentra fuera de la planta a una distancia aproximada de 600 metros; de igual forma en Sala de Máquinas con dos ramificaciones: Cuarto de Control Sala de Máquinas y Casa de Cocimientos.

### 6.2.3. Determinación de los medios de comunicación Física

La propuesta de anillo de fibra para la interconexión de los diferentes nodos se ha previsto realizar con el tipo GOF multimodo 50/125µm. Con el objetivo facilitar al recurso operativo la instalación de los 2 anillos de fibra óptica y la reducción al mínimo por la interferencia en las áreas de proceso y producción se dispone de fibra óptica multi hilos, las opciones disponibles se presentan en la *Figura 40*.

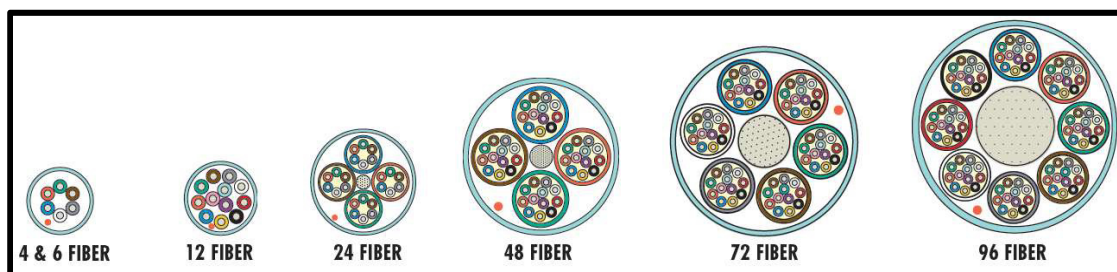


FIGURA 40: Tipos de fibra óptica multi hilos.

Por razones de seguridad industrial, se ha considerado que la recubierta de la fibra óptica sea con un material libre de halógeno (no tóxico en caso de exposición a flama), y durante la trayectoria entre las diferentes áreas y fuera de ellas deberá ser canalizada mediante tubería metálica. El cable de tipo par trenzado utilizado actualmente para las conexiones de la red Ethernet de medición de energía no posee pantalla o shield para protección ante la inducción de ruido. Según los datos aportados durante la investigación de campo y la información teórica revisada el tipo de cable propuesto es S/STP tipo Cat 6A.

#### **6.2.4. Especificaciones técnicas**

Existen diversos fabricantes a nivel mundial que poseen soluciones en equipos de comunicación: Switches Industriales, los cuales cumplen con diversos estándares para aplicaciones especiales. Estos equipos para la construcción de la Red Ethernet Industrial se han considerado para ser instalados directamente en las áreas del proceso, producción, tableros de distribución de energía, entre otros. El montaje mecánico se hará sobre riel DIN dentro de gabinetes de material poliéster o acero inoxidable 316L dependiendo del sector donde se requiera. Según las mediciones de temperatura realizadas por el personal del Departamento de Servicios, esta puede oscilar entre 25° C hasta 50° C, la humedad varía entre 30% hasta 80%, todos los puntos de medición de energía se encuentran cercanos a sistemas de distribución de alta potencia, *ANEXO VII*, por ejemplo, la Sub Estación 1, Sub Estación 2, Calderas, y demás. La inmunidad al ruido eléctrico que los equipos deben cumplir en estos sitios es de suma importancia, considerando el antecedente en los dispositivos actuales de comunicación de tipo oficinas y donde se han observado daños en los puertos de comunicación junto con los conectores de alimentación.

Un requerimiento importante es el cambio en el sistema de alimentación de 120V AC hacia el voltaje estándar de alimentación para control y automatización 24V DC en disposición redundante, para brindar la máxima disponibilidad de suministro de energía ante un posible fallo de alguna fuente de alimentación. Se ha seleccionado al fabricante alemán Phoenix Contact para la especificación de los elementos estructurales de comunicación correspondientes al backbone de fibra para ambas redes; y los segmentos de derivación hacia la Células de Automatización y/o medidores de energía.



La selección del fabricante se debe por la documentación disponible, asesoría y reconocimiento en Planta de Cervecería.

#### **6.2.4.1. Switches Administrables**

Los Switches administrables se han predispuestos para utilizar en los nodos principales que conforman el backbone de fibra. Los requerimientos técnicos planteados en el apartado anterior caracterizan este tipo de switch. La velocidad de comunicación ha sido establecida a 1,000 Mbps, tanto en fibra óptica como par trenzado. Con disposición de al menos 2 puertos de fibra óptica tipo multimodo con conectores LC o SC, ciertos puntos como Sala de Máquinas se requieren 4 puertos. Los puertos de cobre requeridos son al menos 4 por Switch Administrable con conexión mediante RJ45 apantallado.

Ante un posible daño en la estructura del anillo de comunicación principal, la indicación de estado es importante. Por tanto, los equipos establecidos dispondrán de al menos una salida digital configurable. En los datos arrojados durante la revisión de campo se ha encontrado el efecto de ciertos tableros expuestos a vibraciones y en los cuales los conectores RJ45 han sido desconectado. Por esta situación presentada, los equipos propuestos ser regirán bajo el estándar IEC 60068-2-6<sup>24</sup>, a fin de prever desconexiones accidentales en los puertos de comunicación.

#### **6.2.4.2. Switches No Administrables**

Los switches no administrables han sido considerados bajo las mismas consideraciones que los tipos administrables. Salvo la cantidad de puertos de comunicación: switches sin puertos de fibra óptica con al menos 6 puertos de cobre, switches con un puerto de fibra óptica multi modo y 6 de cobre; y switches con 2 puertos de fibra óptica multi modo y 6 puertos de cobre. Todos ellos con una velocidad de comunicación de 1,000 Mbps.

---

<sup>24</sup> IEC 60068-2-6: Estándar europeo para pruebas de ambiente que los equipos deben soportar: salinidad, vibración, impacto, radiación solar, y demás.

### 6.2.5. Especificación de las Topologías Lógicas de Red

La topología lógica de comunicación propuesta para la Red de Medición de Energía ha sido MRP, ver *Figura 41*. La cual consiste en 8 switches administrables, uno de ellos es el maestro de la redundancia lógica y los 7 restantes son clientes.

Los nodos principales de comunicación, *ANEXO IV* y *ANEXO XIII*, para este anillo son los siguientes:

- Sala de Máquinas (MRM)
- Obra 3 (MRC)
- Calderas (MRC)
- Salón 2 (MRC)
- Sub Estación 2
- Salón 3 y 4 (MRC)
- Generadores (MRC)
- Sub Estación 1 (MRC)

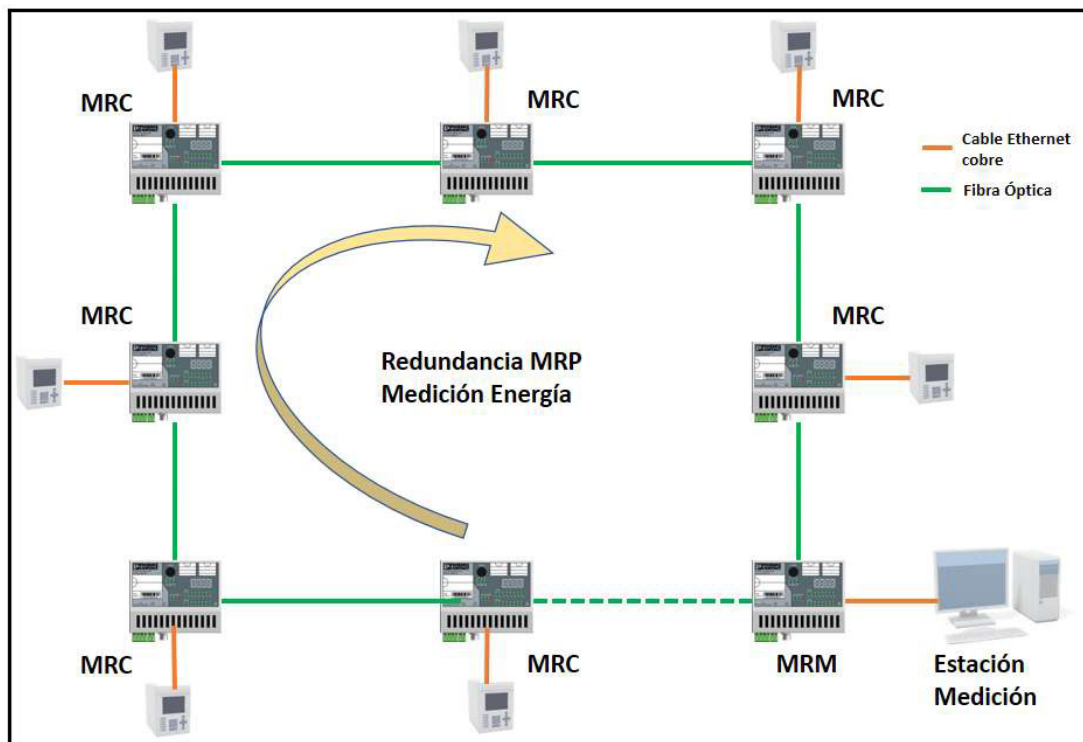
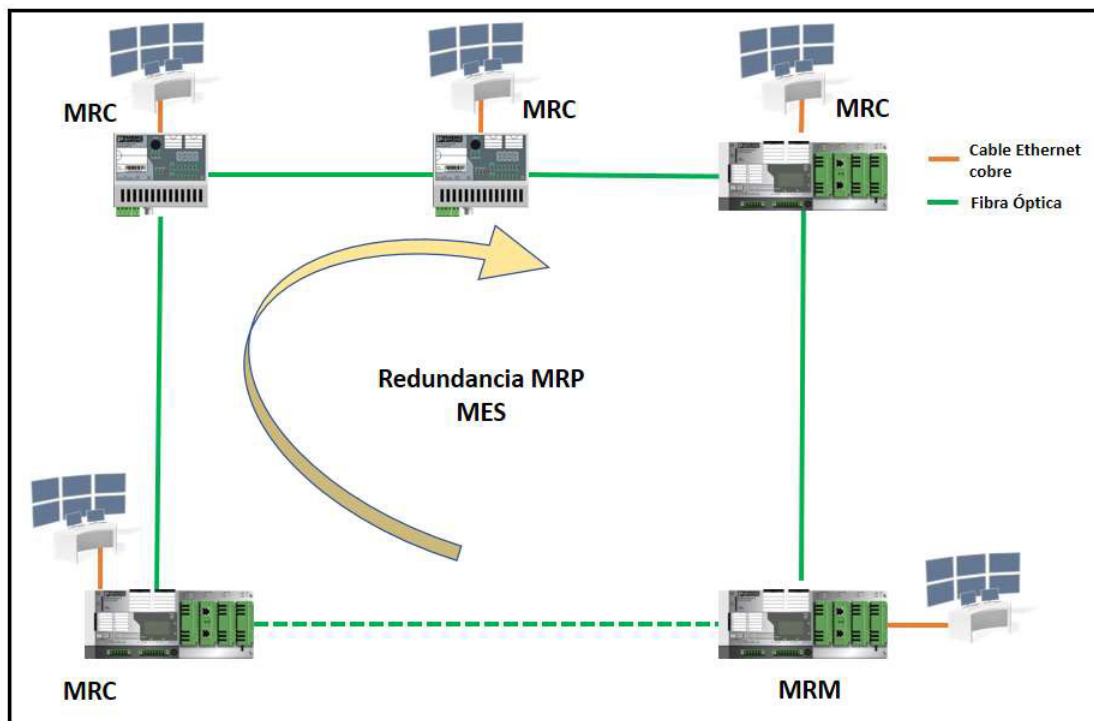


FIGURA 41: Topología Lógica de Red Medición Energía, MRP.

La topología lógica de comunicación propuesta para la Red MES ha sido MRP, ver Figura 42. La cual consiste en 5 switches administrables, uno de ellos es el maestro de la redundancia lógica y los 4 restantes son clientes.

Los nodos principales de las células de automatización, *ANEXO V* y *ANEXO XIV*, para este anillo son los siguientes:

- Sala de Máquinas (MRM)
- Salón 5 (MRC)
- Calderas (MRC)
- Salón 2 (MRC)
- Sub Estación 2 (MRC)



*FIGURA 42: Topología Lógica de Red MES, MRP.*

### **6.3. Especificación de la Solución**

En este apartado se presentan los equipos propuestos para la implementación de las redes: Medición de Energía y MES; con los números de parte y cantidades. Como se ha mencionado anteriormente, los equipos principales de comunicación corresponden al fabricante Phoenix Contact.

### **6.3.1. Integración de la Red de Medición de Energía**

Los equipos que integrarán el backbone de fibra óptica corresponden a la siguiente designación:

- FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP – 2891479  
Switch administrable con 2 puertos de fibra óptica ranuras SFP 1,000 Mbps y 6 puertos de cobre 10/100/1,000 Mbps.

Los elementos que conformarán los nodos de derivación y donde se agruparán los medidores de energía serán los siguientes:

- FL SWITCH SFN 8GT – 2891673  
Switch no administrable con 6 puertos de cobre 10/100/1,000 Mbps.

En el área de Sala de Máquinas, se dispone de un cuarto de control donde se localiza el servidor principal para el Sistema de Medición de Energía, de tal forma que se ha propuesto utilizar un segmento de derivación desde el Switch Administrable que formará parte del anillo hacia el servidor anteriormente mencionado. Para tal conexión se ha recomendado realizarlo por medio de fibra óptica con el equipo:

- FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398  
Switch no administrable con 2 puertos de fibra óptica tipo SC multi modo 1,000 Mbps y 6 puertos de cobre 10/100/1,000 Mbps.

### **6.3.2. Integración de Red MES**

Los equipos que integrarán el backbone de fibra óptica se conformarán por dos modelos diferentes:

- FL SWITCH GHS 12G/8-L3 – 2700787  
Switch administrable tipo capa 3, con 4 ranuras SFP 1,000 Mbps, 8 puertos de cobre 10/100/1,000 Mbps y capacidad de ampliar sus interfaces de conexión en fibra óptica y cobre hasta 28 puertos adicionales.

- FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP – 2891479  
Switch administrable con 2 puertos de fibra óptica receptáculo SFP 1,000 Mbps y 6 puertos de cobre 10/100/1,000 Mbps.

Los elementos que conformarán los nodos de derivación para la integración de las diferentes estaciones a nivel de SCADA serán conformados por:

- FL SWITCH SFN 8GT – 2891673  
Switch no administrable con 6 puertos de cobre 10/100/1,000 Mbps.

En el área de Sala de Máquinas, al igual que en la red de Medición de Energía se cuenta, en este caso, con varias estaciones de monitoreo y operación de los diferentes procesos que se ejecutan en dicha área. Por lo que será necesario el equipo:

- FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398  
Switch no administrable con 2 puertos de fibra óptica tipo SC multi modo 1,000 Mbps y 6 puertos de cobre 10/100/1,000 Mbps.

### **6.3.3. Determinación Presupuestaria de la Red Ethernet Industrial**

A continuación, se presentan las propuestas presupuestarias para la implementación de la Red Ethernet Industrial en Planta de Cervecería considerando los dos Sistemas: Medición de Energía y MES. Los precios por los equipos de principales de comunicación, Switches, han sido consultados con el distribuidor local del fabricante Phoenix Contact para Guatemala, en este caso la empresa ESINSA.

Respecto a los demás accesorios tales como: conectores RJ45, conectores fibra óptica SC, LC, breakout kit, cajas de distribución de fibra, cable de comunicación tipo par trenzado S/STP Ethernet, fibra óptica tipo multi modo Simon, bandejas, fuentes de alimentación 24 V DC, protecciones termo magnéticas, entre otros, han sido considerados con diferentes proveedores locales.

Los precios abajo presentados se encuentran en moneda US\$ dólares americanos e incluyen impuestos.

ITEM	QTY	NÚMERO PARTE	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	8	FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479	Switch Ethernet Smart Managed Compact con 6 puertos RJ45 de 10/100/1000 MBit/s y dos slots SFP de 1000 MBit/s. El Smart Managed Compact Switch es un Switch Ethernet apto para el uso industrial, con 6 puertos Ethernet Gigabit en formato RJ45 y 2 puertos Ethernet Gigabit en formato SFP. Gestión basada en web, SNMP, VLANs, MRP (cliente y maestro), RSTP	
2	13	FL SWITCH SFN 8GT - 2891673	Switch Ethernet, 8 puertos TP-RJ45 con 10/100/1 000 Mb/s en todos los puertos, detección automática de la velocidad de transmisión de datos de 10/100/1000 Mb/s (RJ45), función autocrossing, con contacto de aviso y QoS (Calidad de Servicio). El switch ofrece además bloqueo de cable y de puerto. Indicaciones de diagnóstico locales con LED. Contacto de relé para tratamiento de alarma de estados de tensión	
3	16	FL SFP SX - 2891754	Módulo Gigabit SFP para la transferencia de hasta 1 km con una longitud de onda de 850 nm y una longitud de transferencia máxima de 1 km.	
4	1	FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398	Switch Ethernet, 6 puertos RJ45, 10/100/1000 Mb/s en todos los puertos RJ45, 2 puertos SC-D multimodo, 1 Gbit/s dúplex, auto negociación (RJ45), función autocrossing, con contacto de aviso y QoS (Calidad de Servicio). Indicaciones de diagnóstico locales con LED. Contacto de relé para tratamiento de alarma de estados de tensión.	
5	1	FL MEM PLUG/MRM - 2891275	Memoria de configuración de los ajustes del aparato intercambiable, para un cambio y una puesta en servicio sencillos del aparato. Adicionalmente está guardada la licencia para la gestión redundante de medios (MRM), para el uso dentro del protocolo de redundancia de medios (MRP)	
<b>TOTAL, Equipos Red Ethernet Industrial Medición Energía</b>				<b>\$ 39,514.93</b>

TABLA 7: Presupuesto Red Medición Energía.

ITEM	QTY	NÚMERO PARTE	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	3	FL SWITCH GHS 12G/8-L3 - 2700787	Switch modular Ethernet Gigabit con 8 ranuras RJ45 de 10/100/1000 MBit/s y 4 puertos SFP de 1000 MBit/s, ampliable con una estación hasta 28 puertos, con función de enrutamiento integrada. El switch modular Gigabit es un potente switch gestionado que cubre de forma modular y flexible la necesidad de puertos de las aplicaciones industriales. Soporta todos los estándares habituales de transmisión Gigabit y Fast Ethernet, los protocolos estándar de IT, así como los protocolos de automatización PROFINET y EtherNet/IP. Con la licencia de capa 3 integrada el Switch puede utilizar como enrutador. El switch GHS admite enrutamientos hasta en 28 subredes diferentes. Con VRRP (Virtual Redundancy Routing Protocol), puede funcionar como enrutador redundante.	
2	3	FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479	Switch Ethernet Smart Managed Compact con 6 puertos RJ45 de 10/100/1000 MBit/s y 2 slots SFP de 1000 MBit/s. El Smart Managed Compact Switch es un Switch Ethernet apto para el uso industrial, con 6 puertos Ethernet Gigabit en formato RJ45 y 2 puertos Ethernet Gigabit en formato SFP. Gestión basada en web, SNMP, VLANs, MRP (cliente y maestro), RSTP	
3	1	FL SD FLASH/MRM - 2700270	Memoria de parametrización, enchufable, con funcionalidad MRM	
4	3	FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398	Switch Ethernet, 6 puertos RJ45, 10/100/1000 Mbits/s en todos los puertos RJ45, 2 puertos SC-D multimodo, 1 Gbit/s dúplex, autonegociación (RJ45), función autocrossing, con contacto de aviso y QoS. Contacto de relé para tratamiento de alarma de estados de tensión. El switch tiene bloqueo de cable y de puerto.	
5	20	FL SFP SX - 2891754	Módulo Gigabit SFP para la transferencia de hasta 1 km con una longitud de onda de 850 nm.	
<b>TOTAL, Equipos Red Ethernet Industrial MES</b>				<b>\$44,704.44</b>

TABLA 8: Presupuesto Red MES.

ITEM	QTY	NÚMERO PARTE	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	2000	9F5LB(LS0H)-24B	SIMON, 4 tubos de 6 fibras multimodo 50/125µm, material LS0H-LS0H compuesto. 10GBASE-SX (850 nm), 10GBASE-LX4 (1300 nm), 1000BASE-SX (850 nm), 1000BASE-LX (1300 nm)	
2	20	VS-OE-OE-94F-100,0 - 1416347	Cable de red, Ethernet Cat 6 <sub>A</sub> (10 GBit/s), 8-polos, PUR sin halógenos, azul agua RAL 5021, apantallado, extremo de cable libre, a extremo de cable libre, longitud de cable: 100 m	
3	436	RJ45 - VS-08-RJ45-10G/Q - 1419001	Conector enchufable RJ45, IP20, Cat 6 <sub>A</sub> , 8 polos, con técnica de conexión rápida QUICKON, para conductores de 1 hilo y 7 hilos AWG 26 ... 24, color: negro	
4	1		Conectores, breakout kit, gabinetes, y accesorios	
<b>TOTAL, MATERIALES</b>				<b>\$69,807.41</b>

*TABLA 9: Presupuesto Materiales.*

ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL
1	Equipos Red Ethernet Industrial Medición Energía	\$ 39,514.93
2	Equipos Red Ethernet Industrial MES	\$ 44,704.44
3	Medios físicos de Comunicación y accesorios	\$ 69,807.41
4	Servicios de Configuración y Puesta en Marca	\$ 5,000.00
<b>TOTAL, RED ETHERNET INDUSTRIAL</b>		<b>\$ 159,026.78</b>

*TABLA 10: Presupuesto Total Red Ethernet Industrial.*



## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La oportunidad de desarrollar este trabajo basado en una propuesta de Diseño para interconexión de sistemas en una Planta Industrial en Guatemala ha permitido conocer y profundizar en áreas específicas de las comunicaciones industriales a diferentes niveles donde se ha podido comprobar mediante las revisiones bibliográficas, materiales del fabricante Phoenix Contact, Siemens y Schnedier Electric que sin infraestructuras de redes de alto desempeño y robustas, los sistemas de producción modernos ser verán ante una situación en la que no podrán seguir operando de forma confiable como ha sido el caso la Red de Medición de Energía, donde los problemas de comunicación se han visto reflejados a medida que existe un crecimiento no previsto y descontrolado.

En base al estudio estructural de una Plataforma para Gestión de Energía se ha visto que hay diferentes tipos de medidores de energía categorizados por Clases desde los equipos básicos para referencias de parámetros eléctricos y, por último, los dispositivos para realizar estudios de calidad de energía en las instalaciones. Donde cada uno de ellos requiere diferentes prestaciones en la plataforma de comunicación de la cual formarán parte.

Para el desarrollo de las propuestas de topologías de comunicación en Planta de Cervecería se han revisado las ventajas y desventajas de cada una de ellas. Y se encontró una importante relación que existe entre la proyección de expansión que una Planta Industrial puede tener con el tiempo en relación con la facilidad de ampliación que las mismas topologías permiten sin sacrificar los requerimientos básicos concebidos desde un inicio. Y de igual forma cómo esto se ve reflejado en las inversiones a realizar sobre todo cuando es necesario modificar las bases de una estructura inicial no óptima.

Los ambientes industriales de una planta son muy hostiles en comparación a lo que se ha encontrado en edificios de oficinas o centros de datos. Las revisiones a los diferentes estándares de comunicación que se han estudiado demuestran que las condiciones del medio en las instalaciones determinan los tipos de equipos que son aptos para poder operar de forma segura sin poner en riesgo el sistema productivo, integridad de equipos

/ proceso y las personas. Por lo que es posible evidenciar la diferencia sustancial en cómo los equipos de comunicación generalmente utilizados por los Departamentos IT se seleccionan para cumplir tareas determinadas de conexión y las condiciones ambientales se adecuan para garantizar la operación de los equipos como es el caso de cuarto climatizados con sistemas de aires acondicionados de precisión. Esto último es la contraparte de que se ha visto para los equipos de comunicación industrial donde el equipo debe adecuarse al medio severo en que es imprescindible funcionar.

La estructura jerárquica de la Pirámide de Automatización muestra cómo los buses de campo han evolucionado y la forma en que los protocolos de comunicación se relacionan a sus diferentes escalones. Desde el nivel más bajo de la Pirámide hasta el más alto en donde se encuentran diferentes necesidades o requerimientos. Específicamente el Sistema MES que entrelaza las diferentes áreas productivas de una industria con la gerencia y donde el medio de comunicación adecuado es clave para que la información fluya de manera confiable y constante.

La conceptualización de una Red Ethernet Industrial difiere significativamente de las tradicionales Redes Locales de oficinas, iniciando desde el simple hecho que la mayor parte de los equipos industriales se montan sobre riel DIN en gabinetes directamente en campo, en lugar de gabinetes con rack de 19 pulgadas normalmente utilizados en centros de datos. Conectores RJ45 con la facilidad de poder ser ensamblados en campo sin necesidad de herramientas especiales y los cuales garantizan una conexión segura ante el polvo, vibraciones, ruido eléctrico y demás factores. Sin embargo, conocer de conectores para par trenzado en formato M12 que pueden ser instalados directamente a intemperie y ser rociados con agua es un punto muy importante que destacar y lo cual muestra una ventaja en términos de garantizar una conexión segura prácticamente en cualquier ambiente industrial.

La propuesta presupuestaria indica la magnitud en términos de inversión, sin embargo, para plantas de este tipo lo que se busca es incrementar la productividad en pro de la optimización del proceso de producción.

## **7.1. Recomendaciones**

En vista de la propuesta de separación de las Redes para los Sistemas de: Medición de Energía y MES, los Switches Administrables que forman parte del anillo de fibra óptica pueden estar instalados dentro de un mismo tablero siempre y cuando los cables de par trenzado y fibra óptica se encuentren debidamente identificados.

Los gabinetes donde se instalarán los switches mencionados anteriormente podrán ser de puerta de vidrio a fin de poder contar con un contacto visual a los diferentes LED de estado de los equipos.

Se debe garantizar la máxima disponibilidad ante fallos de suministro de energía, por tanto, es importante contar con fuentes de alimentación redundantes 24V DC con módulos de respaldo de al menos 5 horas a plena carga.

Las fuentes de alimentación deben ser protegidas con supresores de transitorios T2 en la entrada de las mismas. Y, de igual forma, contar con supresores de transitorios tipo B2/C1/C2/C3/D1 para cable Ethernet con conector RJ45.

La definición de las rutas de comunicación podrá realizar como continuación a este trabajo para logra una optimización de tráfico. Y en términos de seguridad deshabilitar los puertos de comunicación RJ45 que no se estén utilizando en la primera etapa de implementación.

Migrar los medidores de energía que cuentan con comunicación bajo el protocolo Modbus RTU (RS-485) hacia el protocolo Modbus TCP/IP para aprovechar las prestaciones que la plataforma Ethernet ofrece.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Alonso, N. O. (2013). *Redes de comunicaciones industriales*. Madrid: UNED.

Austin, K. (2016, 08 02). *PLANT ENGINEERING*. Retrieved from Applying network best practices via Ethernet network redundancy: <http://www.plantengineering.com/single-article/applying-network-best-practices-via-ethernet-network-redundancy/d9e852713947afac48322ddfb8d94c95.html>

Coladonato, M. (2016, 11 26). *PLANT ENGINEERING*. Retrieved from Ensuring SCADA/HMI cybersecurity: <http://www.plantengineering.com/industry-news/automation-news/single-article/ensuring-scadahmi-cybersecurity/b032ba926b47366b4337317e12e56f79.html>

Coombs Jr., C. F. (1999). *Electronic Instrument Handbook, Third Edition*. New York: McGraw-Hill Professional.

Creus Solé, A. (2011). *Instrumentación Industrial*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor S.A.

Dempsey, K., Eavy, E., & Moore, G. (2017). *Automation Support for Security Control Assessments Volume 1: Overview*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology , U.S. Department of Commerce.

Domingo Peña, J., Grau Saldes, A., & Martínez García, H. (2003). *Comunicaciones en el entorno industrial*. UOC.

Ebel, F., Idler, S., Prede, G., & Scholz, D. (2007). *Fundamentos de la técnica de Automatización*. Denkendorf: Festo Didactic GmbH & Co. KG.

Garcia Moreno, E. (1999). *Automatización de Procesos Industriales*. SPUPV (SPUPV-99.4116).

Grech Mayor, P., & Grech, P. (2001). *Introducción a la ingeniería: un enfoque a través del diseño*. Pearson Educación, Prentice Hall, Addison Wesley.

Guerrero, V., Yuste, R., & Martínez, L. (2009). *Comunicaciones Industriales*. Barcelona:

MARCOMBO S.A.

Hernández Sampieri, R. (2010). *Metodología de la investigación por Roberto Hernández Sampieri; Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.

IEEE INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT SOCIETY. (1989, July). IEEE Trial Use Standard for Digitizing Waveform Recorders (IEEE Standard 1057). US.

INTERBUS-S CLUB. (2001, March). *INTERBUS BASICS*. Retrieved from Interbus Club Deutschland: [http://www.interbus.de/dl/Dok\\_interbus\\_basics\\_en.pdf](http://www.interbus.de/dl/Dok_interbus_basics_en.pdf)

International Electrotechnical Commission. (2003, May). *IEC 61158-2 Third Edition*. Retrieved from IEC WEBSTORE : [https://webstore.iec.ch/p-preview/info\\_iec61158-2%7Bed3.0%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec61158-2%7Bed3.0%7Den.pdf)

International Electrotechnical Commission. (2007, 12 13). *Webstore*. Retrieved from IEC: <https://webstore.iec.ch/publication/544>

International Organization for Standardization. (2017, March). *ISO/IEC/IEEE 8802-3:2017, Information technology -- Telecommunications and information exchange between systems -- Local and metropolitan area networks -- Specific requirements -- Part 3: Standard for Ethernet*. Vernier, Geneva, Switzerland.

ISO/IEC. (2002). *Information technology – Generic cabling for customer premises ISO/IEC 11801. Second Edition*. Genève: ISO/IEC.

Modbus Organization. (2017, Febrero). *Modbus FAQ*. Retrieved from Modbus: <http://www.modbus.org/faq.php>

MODICON, I. I. (1996, June). *Modicon Modbus Protocol Reference Guide*. North Andover, Massachusetts.

Phoenix Contact GmbH & Co. KG. (2001, November). *Configuring and Installing INTERBUS*. Retrieved from Phoenix Contact Global Downloads: [https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads\\_ed/global/web\\_dwl\\_technical\\_inf](https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/global/web_dwl_technical_inf)

o/Interbus.pdf

PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG. (2014). *Case Studies*. Retrieved from Phoenix Contact USA:  
[https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads\\_ed/local\\_us/web\\_dwl\\_promotion/VW\\_CaseStudy\\_final.pdf](https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/local_us/web_dwl_promotion/VW_CaseStudy_final.pdf)

PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG. (2017). *INTERBUS*. Retrieved from PHOENIX CONTACT  
PORTAL GLOBAL:  
[https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?1dmy&urile=wcm:path:/pies/web/main/products/subcategory\\_pages/INTERBUS\\_P-04-11/a20f6e69-4460-457b-9267-2aea300acd7c](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?1dmy&urile=wcm:path:/pies/web/main/products/subcategory_pages/INTERBUS_P-04-11/a20f6e69-4460-457b-9267-2aea300acd7c)

PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG. (2017). *Managed Switches*. Retrieved from Phoenix Contact  
Internation Portal:  
[https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/pien/web/main/products/subcategory\\_pages/Managed\\_switches\\_P-08-10-09/aead25f7-3319-485d-8868-126c62b77cb1](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pi?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/pien/web/main/products/subcategory_pages/Managed_switches_P-08-10-09/aead25f7-3319-485d-8868-126c62b77cb1)

Reynders, D., & Wright, E. (2003). *Practical TCP/IP and Ethernet Networking*. Burlington,: IDC  
Technologies.

Rodríguez Penin, A. (2007). *Sistemas SCADA, 2a Ed*. Barcelona: MARCOMBO S.A.

Rodríguez Penin, A. (2008). *Comunicaciones Industriales, Guía Práctica*. Barcelona: MARCOMBO  
S.A.

Röring , D. (2016, 02 15). *CONNECTOR SUPPLIER*. Retrieved from M12 Versus RJ45 Ethernet  
Connections on the Factory Floor: <http://www.connectorsupplier.com/m12-versus-rj45-ethernet-connections-on-the-factory-floor/>

SIEMENS AG. (199). *SIMATIC NET*. Retrieved from AS-Interface - Introducción y fundamentos:  
<http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/apt01.pdf>

SIEMENS AG. (2009). Industrial Communication, SIMATIC NET. NÜRNBERG, GERMANY.

SIEMENS AG. (2009). *Siemens*. Retrieved from <http://www.grupdap.es/ficheros/descrip->

tecnicas/AS\_Interfase\_2009.pdf

Siemens AG Automation and Drives . (2006). *Communication with SIMATIC*. NÜRNBERG: Siemens AG 2006.

Siemens AG Energy Sector. (2014). *Power Engineering Guide Edition 7.1*. Munich and Berlin: Siemens Aktiengesellschaft.

Siemens AG. (n.d.). *PROFINET*. Retrieved from Siemens: [www.siemens.com/profinet](http://www.siemens.com/profinet)

SIEMENS AG. (n.d.). *SIMATIC NET*. Retrieved from SIEMENS: [www.siemens.com/automation/simatic-net](http://www.siemens.com/automation/simatic-net)

SIEMENS AG. (n.d.). *Totally Integrated Automation*. Retrieved from SIEMENS: [www.siemens.com/totally-integrated-automation](http://www.siemens.com/totally-integrated-automation)

Stenerson, J. (1999). *Fundamentals of Programmable Logic Controllers, Sensors, and Communications*. Prentice Hall.

Tanenbaum, A. S. (2010). *Computer Networks, 5th Edition*. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall.

TEXAS INSTRUMENTS INC. (2002, September). *Interface Circuits for TIA/EIA-232-F*. Retrieved from TI: <http://www.ti.com/lit/an/slla037a/slla037a.pdf>

Texas Instruments Incorporated. (2002, June). *RS-422 and RS-485 Standards Overview and System Configurations*. Retrieved from Texas Instruments Literature: <http://www.ti.com/lit/an/slla070d/slla070d.pdf>

The Siemon Company. (n.d.). *Siemon*. Retrieved from Desmitificación de las Especificaciones de Cableado de Categoría 5e a 7A: [https://www.siemon.com/la/white\\_papers/07-10-09-demystifying.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/07-10-09-demystifying.asp)

Wisniewski, L., Hameed, M., Schriegel, S., & Jasperneite, J. (2009, May). *A Survey of Ethernet Redundancy Methods for Real-Time Ethernet Networks and its Possible Improvements*. Retrieved from ResearchGate:

[https://www.researchgate.net/publication/255757493\\_A\\_Survey\\_of\\_Ethernet\\_Redundancy\\_Methods\\_for\\_Real-Time\\_Ethernet\\_Networks\\_and\\_its\\_Possible\\_Improvements](https://www.researchgate.net/publication/255757493_A_Survey_of_Ethernet_Redundancy_Methods_for_Real-Time_Ethernet_Networks_and_its_Possible_Improvements)

Zuloaga Izaguirre, A., & Astarloa Cuéllar, A. (2008). *Sistemas de Procesamiento Digital*. Madrid: Delta, Publicaciones Universitarias.



## 9. ANEXOS

### Índice de Anexos

ANEXO I: Switches actuales, Red Medición de Energía. ....	- 109 -
ANEXO II: Disposición física áreas de proceso y producción.....	- 110 -
ANEXO III: Topología de Red Física. ....	- 111 -
ANEXO IV: Propuesta Topología de Red Medición de Energía. ....	- 112 -
ANEXO V: Propuesta Topología de Red MES. ....	- 113 -
ANEXO VI: Aplicaciones Redes Ethernet Industriales. DK-Recycling Furnace in steal industry (Alemania). ....	- 114 -
ANEXO VII: Tablero acometida principal Sub Estación 1. ....	- 115 -
ANEXO VIII: Cableado Ethernet tradicional vs Ethernet Industrial .....	- 116 -
ANEXO IX: Requerimiento Aplicaciones Industriales. ....	- 117 -
ANEXO X: Rudeza del Ambiente. ....	- 118 -
ANEXO XI: Rudeza del Ambiente EMI. ....	- 119 -
ANEXO XII: Especificaciones Ruido Eléctrico, Diferencias Básicas. ....	- 120 -
ANEXO XIII: Layout Red Medición de Energía.....	- 121 -
ANEXO XIV: Layout Red MES. ....	- 122 -
ANEXO XV: Cronograma de Ejecución. ....	- 123 -
ANEXO XVI: HOJA TECNICA_1 FL MEM PLUG MRM - 2891275 .....	- 124 -
ANEXO XVII: HOJA TECNICA_2 FL MEM PLUG MRM - 2891275 .....	- 125 -
ANEXO XVIII: HOJA TECNICA_3 FL MEM PLUG MRM - 2891275 .....	- 126 -
ANEXO XIX: HOJA TECNICA FL SD FLASH MRM - 2700270 .....	- 127 -
ANEXO XX: HOJA TECNICA_1 FL SFP SX - 2891754 .....	- 128 -
ANEXO XXI: HOJA TECNICA_2 FL SFP SX - 2891754 .....	- 129 -
ANEXO XXII: HOJA TECNICA_3 FL SFP SX - 2891754 .....	- 130 -
ANEXO XXIII: HOJA TECNICA_1 FL SWITCH GHS 12G 8-L3 - 2700787.....	- 131 -
ANEXO XXIV: HOJA TECNICA_2 FL SWITCH GHS 12G 8-L3 - 2700787.....	- 132 -
ANEXO XXV: HOJA TECNICA_3 FL SWITCH GHS 12G 8-L3 - 2700787.....	- 133 -
ANEXO XXVI: HOJA TECNICA_4 FL SWITCH GHS 12G 8-L3 - 2700787.....	- 134 -
ANEXO XXVII: HOJA TECNICA_5 FL SWITCH GHS 12G 8-L3 - 2700787.....	- 135 -
ANEXO XXVIII: HOJA TECNICA_1 FL SWITCH SFN 6GT 2SX - 2891398 .....	- 136 -
ANEXO XXIX: HOJA TECNICA_2 FL SWITCH SFN 6GT 2SX - 2891398.....	- 137 -
ANEXO XXX: HOJA TECNICA_3 FL SWITCH SFN 6GT 2SX - 2891398 .....	- 138 -
ANEXO XXXI: HOJA TECNICA_4 FL SWITCH SFN 6GT 2SX - 2891398 .....	- 139 -

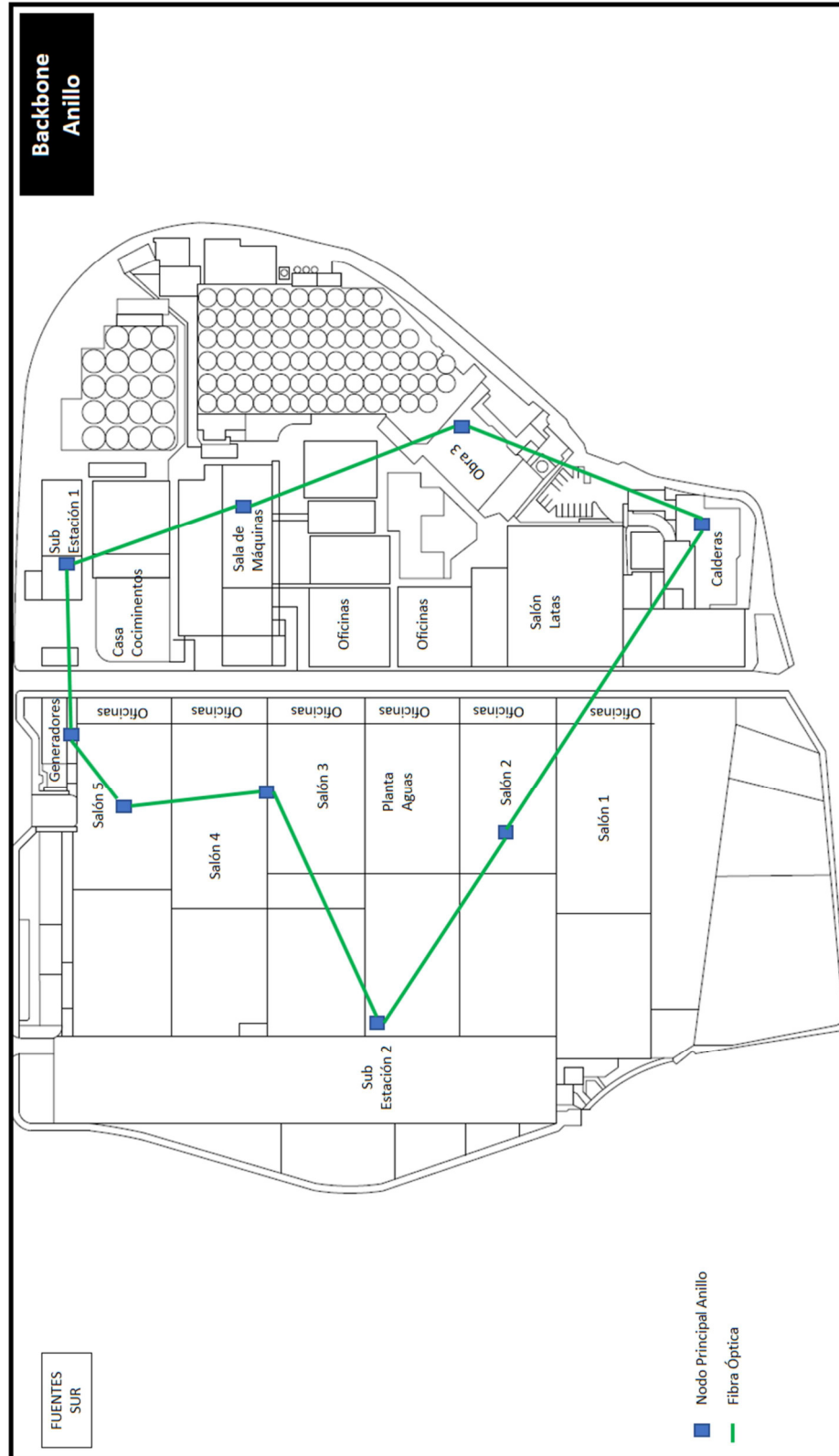
ANEXO XXXII: HOJA TECNICA_1 FL SWITCH SFN 8GT - 2891673 .....	- 140 -
ANEXO XXXIII: HOJA TECNICA_2 FL SWITCH SFN 8GT - 2891673 .....	- 141 -
ANEXO XXXIV: HOJA TECNICA_3 FL SWITCH SFN 8GT - 2891673 .....	- 142 -
ANEXO XXXV: HOJA TECNICA_4 FL SWITCH SFN 8GT - 2891673 .....	- 143 -
ANEXO XXXVI: HOJA TECNICA_1 FL SWITCH SMCS 6GT 2SFP - 2891479 .....	- 144 -
ANEXO XXXVII: HOJA TECNICA_2 FL SWITCH SMCS 6GT 2SFP - 2891479 .....	- 145 -
ANEXO XXXVIII: HOJA TECNICA_3 FL SWITCH SMCS 6GT 2SFP - 2891479 .....	- 146 -
ANEXO XXXIX: HOJA TECNICA_4 FL SWITCH SMCS 6GT 2SFP - 2891479 .....	- 147 -
ANEXO XL: HOJA TECNICA_5 FL SWITCH SMCS 6GT 2SFP - 2891479 .....	- 148 -
ANEXO XLI: HOJA TECNICA_6 FL SWITCH SMCS 6GT 2SFP - 2891479 .....	- 149 -
ANEXO XLII: HOJA TECNICA_1 VS-08-RJ45-10G Q - 1419001 .....	- 150 -
ANEXO XLIII: HOJA TECNICA_2 VS-08-RJ45-10G Q - 1419001 .....	- 151 -
ANEXO XLIV: HOJA TECNICA_3 VS-08-RJ45-10G Q - 1419001 .....	- 152 -
ANEXO XLV: HOJA TECNICA_4 VS-08-RJ45-10G Q - 1419001 .....	- 153 -
ANEXO XLVI: HOJA TECNICA_1 VS-OE-OE-94F-100,0 - 1416347 .....	- 154 -
ANEXO XLVII: HOJA TECNICA_2 VS-OE-OE-94F-100,0 - 1416347 .....	- 155 -
ANEXO XLVIII: HOJA TECNICA_3 VS-OE-OE-94F-100,0 - 1416347 .....	- 156 -



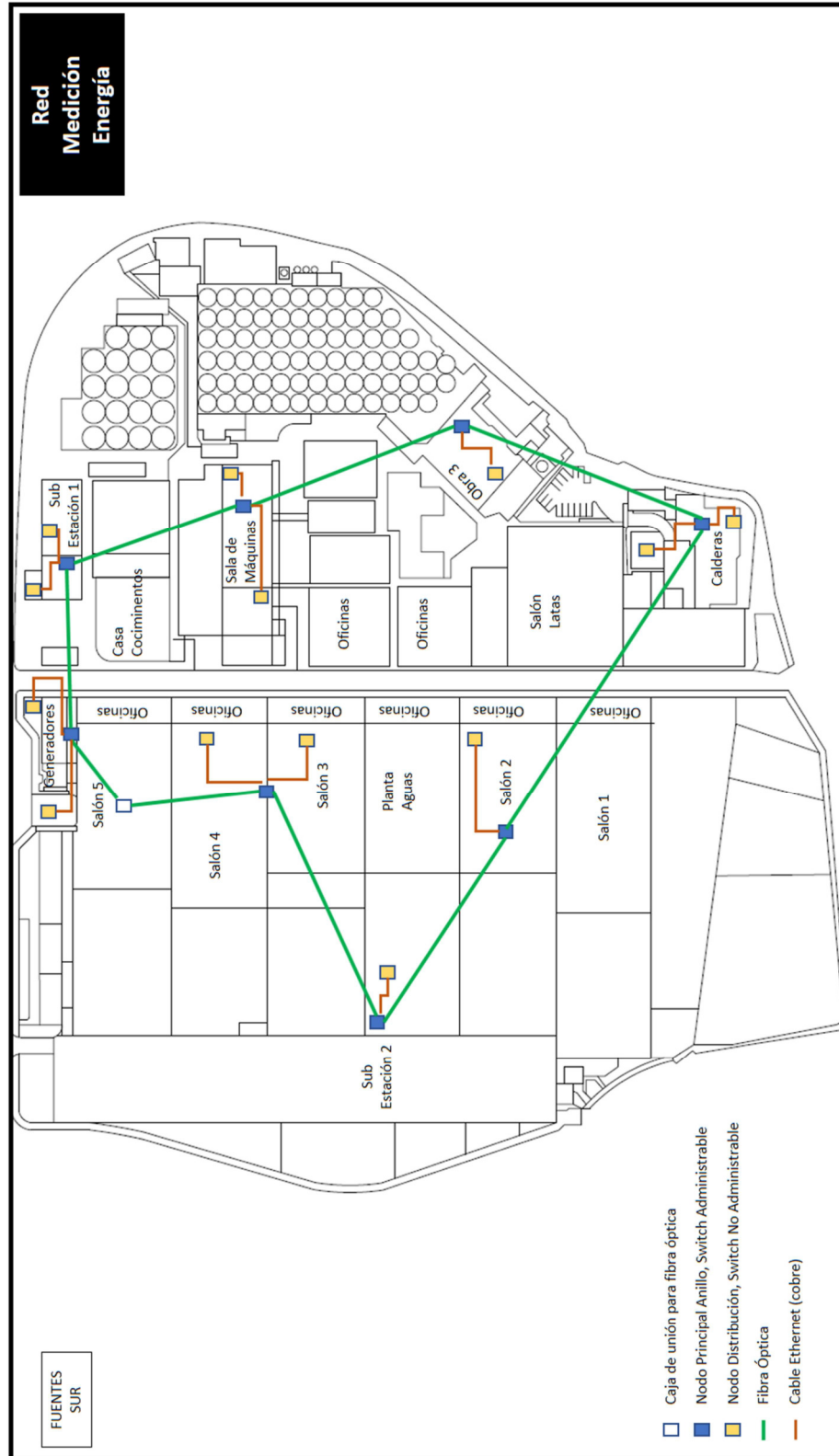
*ANEXO I: Switches actuales, Red Medición de Energía.*



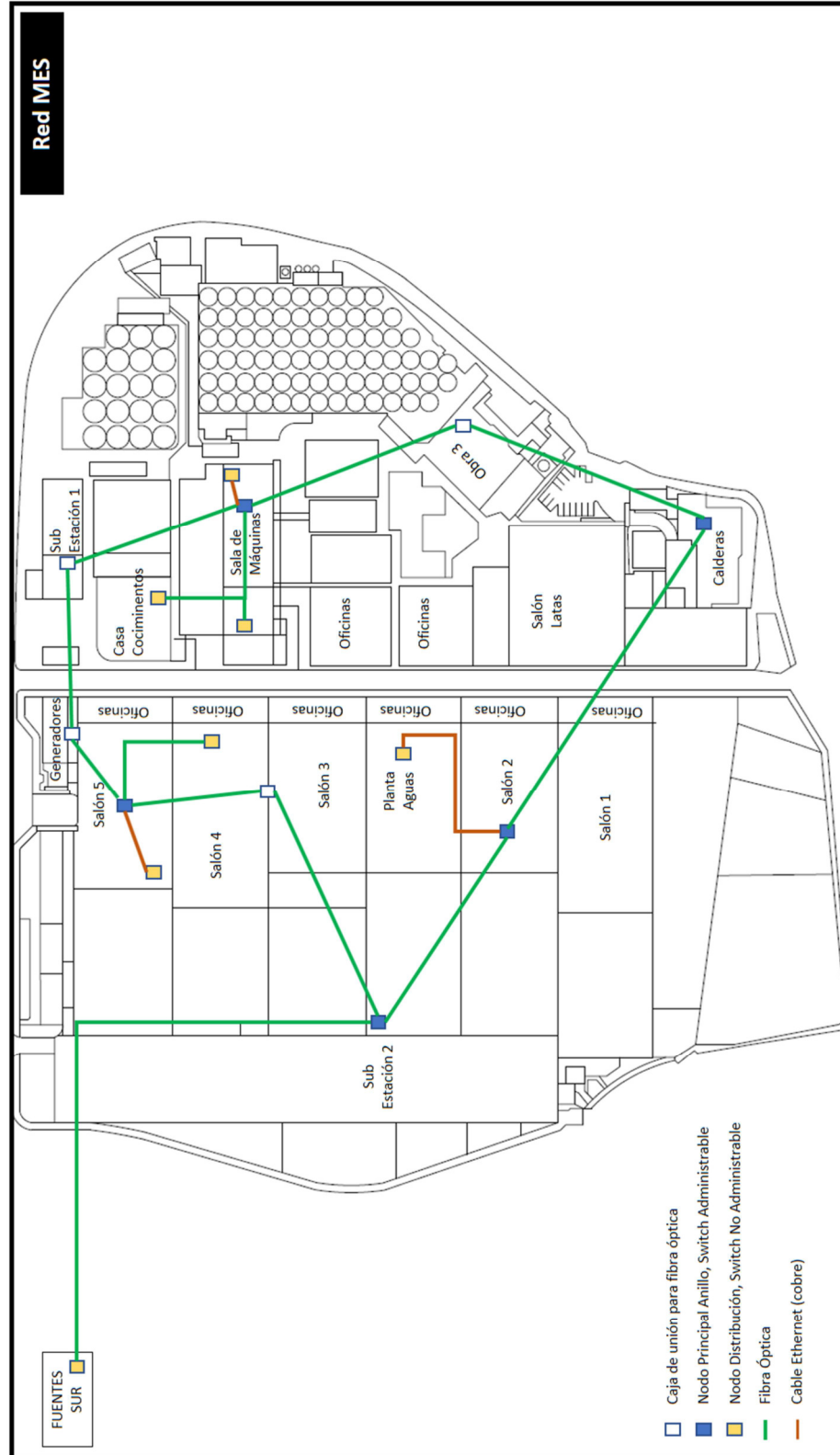
ANEXO II: Disposición física áreas de proceso y producción.



ANEXO III: Topología de Red Física.

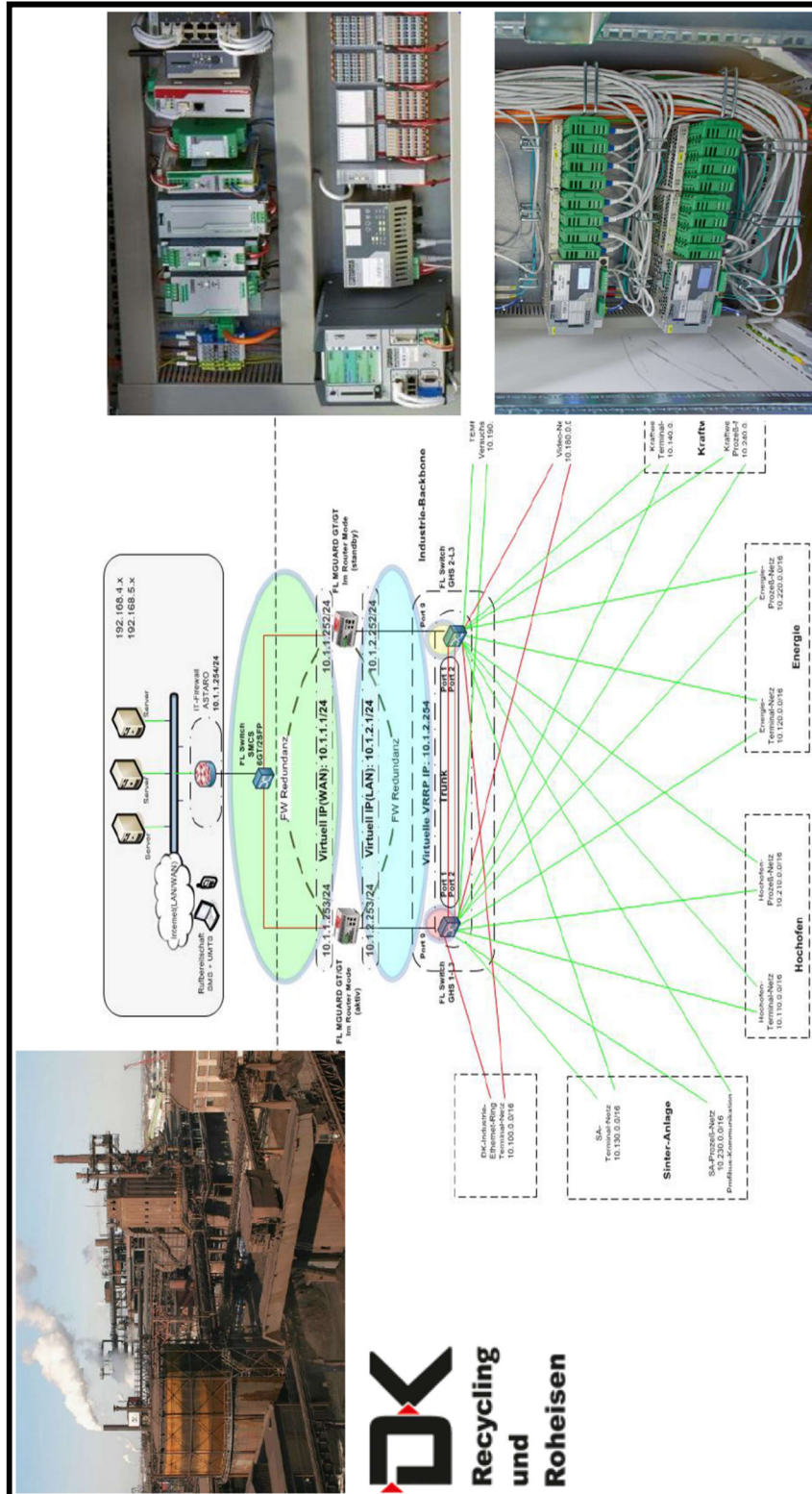


ANEXO IV: Propuesta Topología de Red Medición de Energía.



ANEXO V: Propuesta Topología de Red MES.





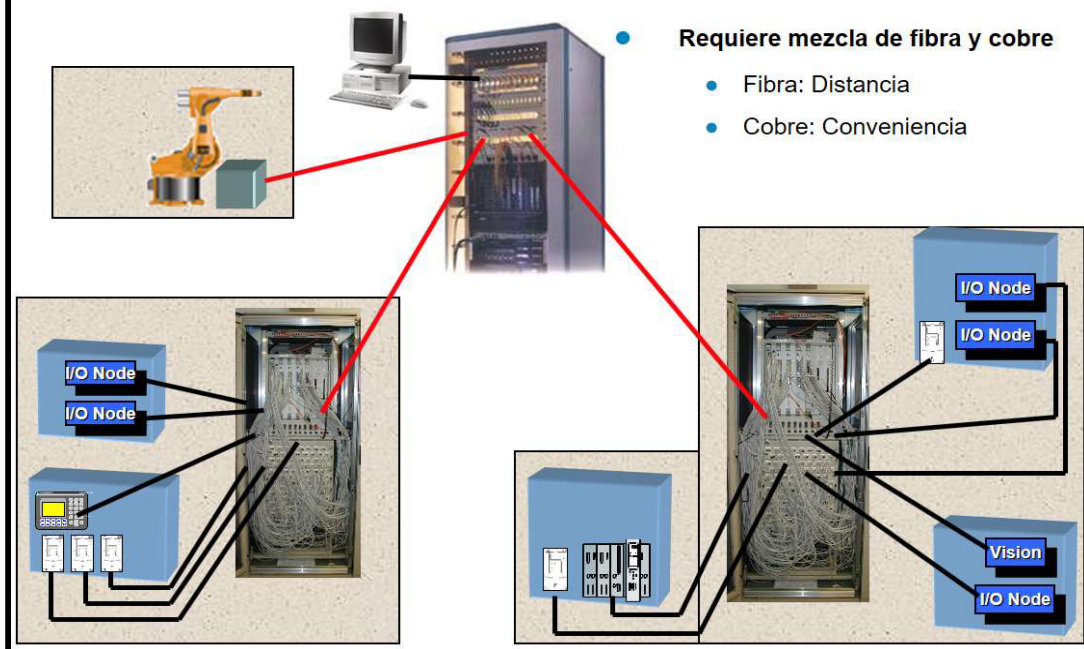
ANEXO VI: Aplicaciones Redes Ethernet Industriales. DK-Recycling Furnace in steel industry (Alemania).



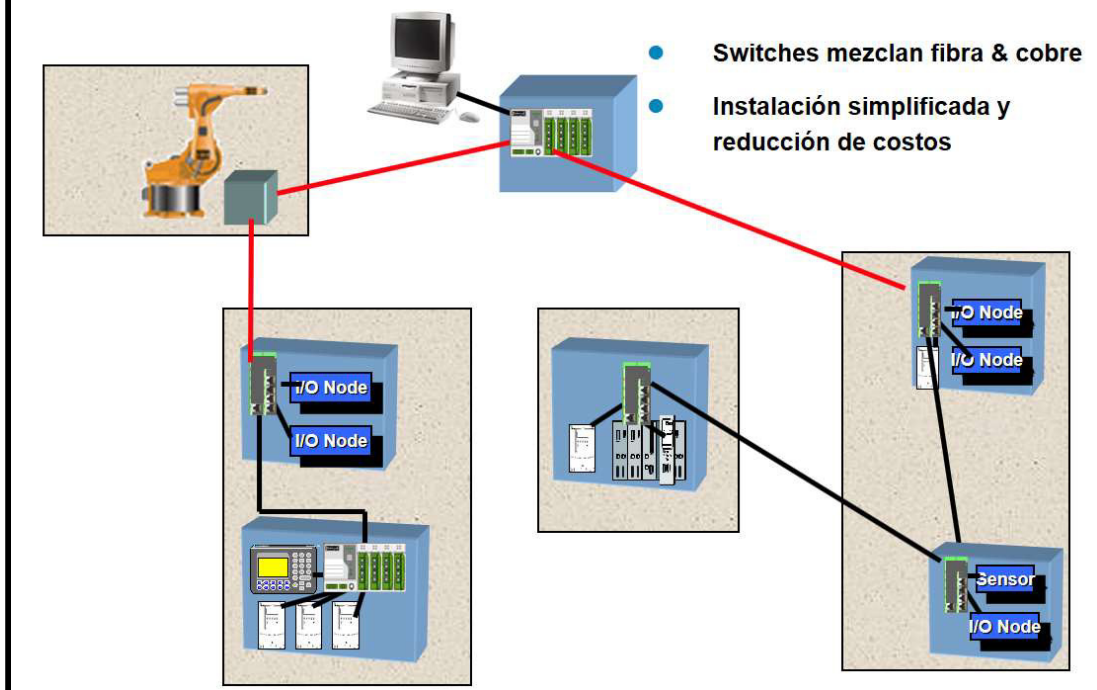


ANEXO VII: Tablero acometida principal Sub Estación 1.

## Cableado Ethernet Tradicional Centralizado

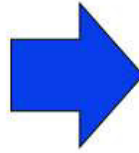


## Ethernet Industrial: Cableado

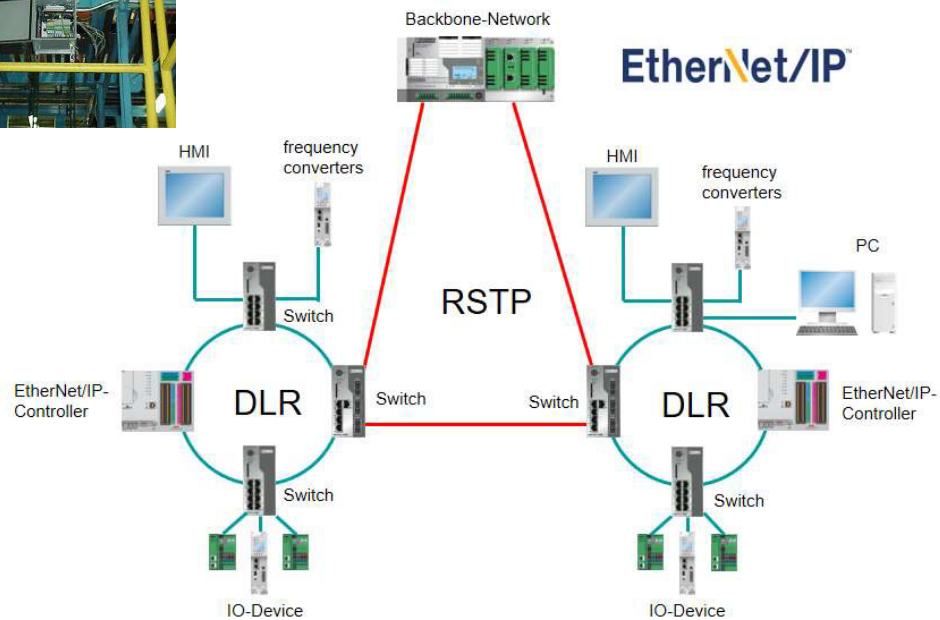


ANEXO VIII: Cableado Ethernet tradicional vs Ethernet Industrial

## Requerimientos en Aplicaciones Industriales



- Facilidad Instalación: Pequeños tableros distribuidos, montaje riel DIN
- Voltaje Alimentación: 24V DC, Alimentación Redundante
- Cableado simplificado: Ensamblables RJ45, Cables robustos



ANEXO IX: Requerimiento Aplicaciones Industriales.



## Rudeza del Ambiente

### Dificultades en la Aplicación

- **Interna: Dentro tablero calor incrementa**
- **Externa: Proximidad a Máquinas**
- **Aire acondicionado / ventilación**
  - Costos de sistemas
  - Mantenimiento a filtros
  - Sin diagnostico de ventilación / aire acondicionado

### Especificaciones Relevantes

- Temperatura y humedad de operación



Normativas Temperatura & Humedad	Rango Industrial Valores Típicos	Rango Comercial Valores Típicos
Rango Temperatura de Operación	0 - 55C	0 - 40C ó 45C
Max Humedad de Operación (no condensable)	90% a 95%	80% a 90%

## Rudeza del Ambiente

### Dificultades en la Aplicación

- **Montaje sobre / cerca maquinaria en movimiento**
  - Paneles de máquinas distribuidos.
- **Aplicaciones con altos impactos y vibraciones**
  - Prensas troqueladoras, fundición
  - Manejo de material, Empacado
  - Máquinas procesadoras de papel

### Especificaciones Relevantes

- Impactos y Vibraciones de operación



Especificaciones del Medio	Rango Industrial Valores Típicos	Rango Comercial Valores Típicos
Estandar de Impactos Mecánicos	IEC 61000-2-27	Normalmente no especificado
Máxima Aceleración	25G	
Estandar de Vibraciones Mecánicas	IEC 60068-2-6	Normalmente no especificado
Máxima Aceleración	5G	

ANEXO X: Rudeza del Ambiente.

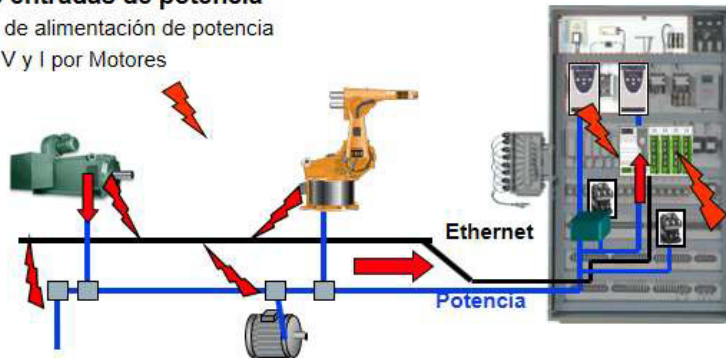
## Rudeza del Ambiente EMI

### Dificultades en la Aplicación

- **Rutas/Conexiones de Cable Ethernet**
  - Cables largos = Largas "Antenas"
  - Ruido Conductivo por Dispositivos Inductivos (por ejemplo Motores, Solenoides)
  - Potencia & cables Ethernet en mismos Trayectos Cable
- **Calidad & Rutas de entradas de potencia**
  - Ruido > Líneas de alimentación de potencia
  - Transitorios de V y I por Motores

### Especificaciones Relevantes

- **Inmunidad al Ruido Eléctrico**
  - EMI: Datos & Líneas de alimentación
  - Altas frecuencias asimétricas
  - Transitorios Rápidos ( $8/20\mu s$ )



ANEXO XI: Rudeza del Ambiente EMI.



## Especificaciones Ruido Eléctrico

### Comparación

Especificaciones Ruido Eléctrico	Rango Industrial Valores Típicos	Rango Comercial Valores Típicos
<b>Estandares Ruido Eléctrico</b>	IEC 61000-4	EN 55024, EN50082-1
	CE Industrial	CE Comercial
<b>Resistencia Electro magnetica</b>		
Inmunidad contra campos electromagneticos	10 V/m	3 V/m
Descarga contacto electro estático	+/- 4kV	+/- 4kV
Descarga aire electro estático	+/- 8kV	+/- 8kV
<b>Línea Datos</b>		
Altas frecuencias asimétricas	10V	3V
Inmunidad contra transitorios rápidos	+/- 1kV	+/-0.5 kV
Sobre voltajes (señal a tierra)	+/- 1kV	0,5 kV
<b>Líneas de Alimentación</b>		
Altas frecuencias asimétricas	10V	3V
Inmunidad contra transitorios rápidos	+/- 2kV (AC)	+/- 1kV (AC)
Sobre voltajes (señal a tierra)	+/- 2kV (AC)	+/- 2kV (AC)
Sobre voltajes (señal a señal)	+/- 2kV (AC)	+/- 1kV (AC)

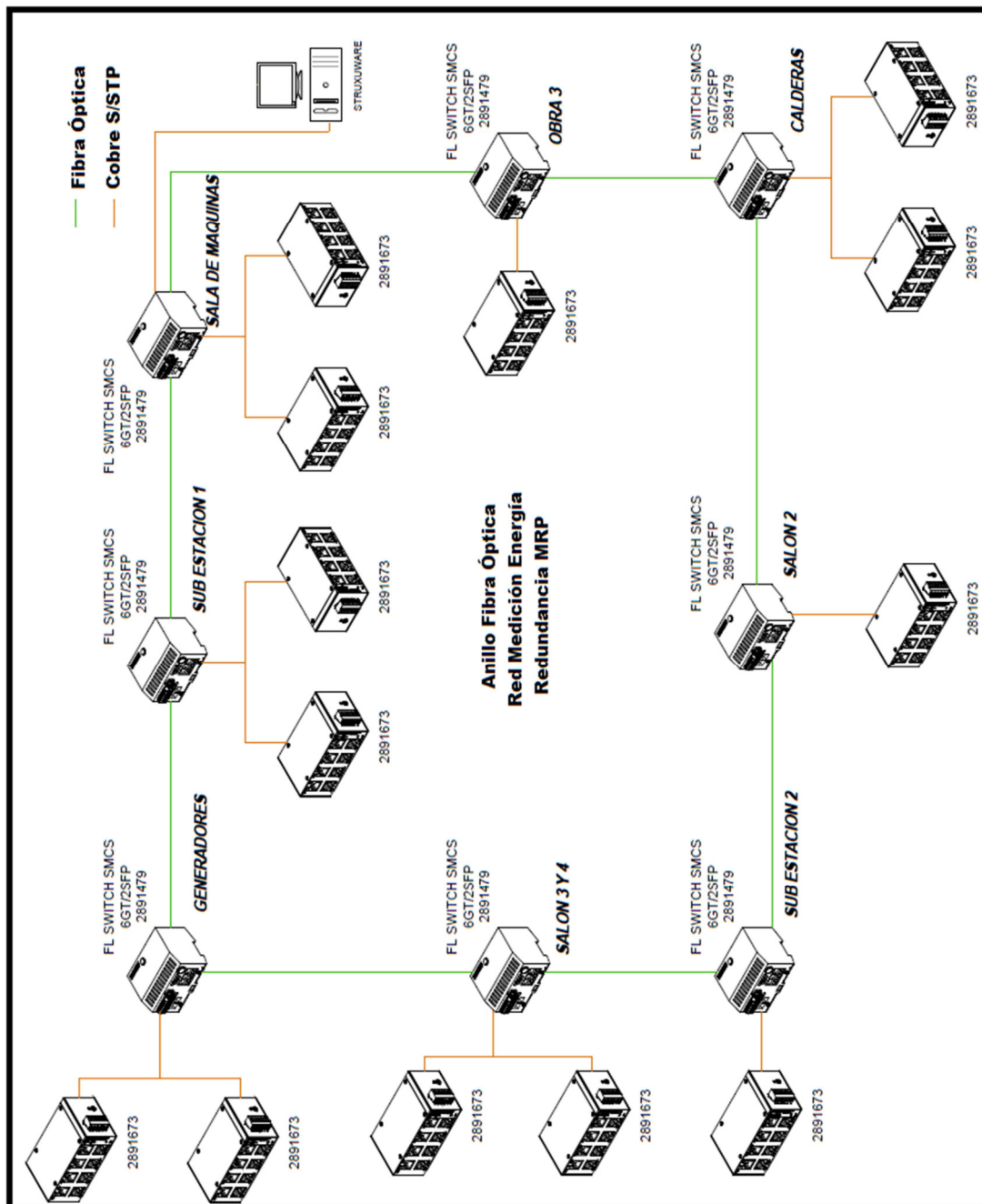
**Rangos Industriales: 2-3 x Inmunidad al Ruido**

## Diferencias Básicas

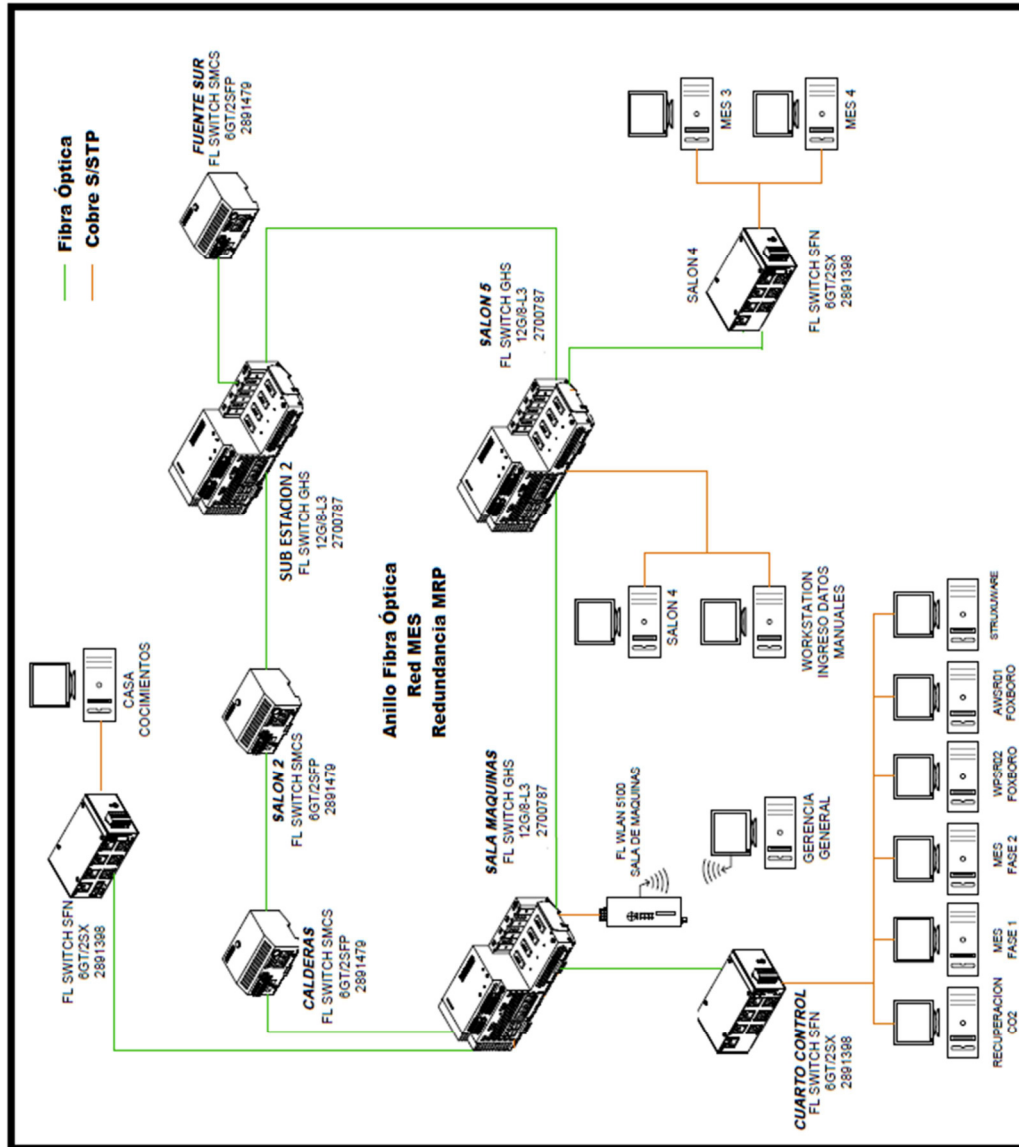
### Industrial / Comercial (equipos oficinas)

	Productos Industriales	Productos Comerciales
<b>Empacado para menor costo de cableado y espacio de planta</b>		
Montaje en gabinete central	si	si
Montaje en "cajas de uniones" distribuidas	si	no
Labor/Costo extra en montaje	no	si- enfriado
Acceso centralizado (cobre)	si	si
Acceso distribuido (fibra/cobre)	si	si
Opción a Redundancia cableado	si	si
<b>Flexibilidad al medio y Confiabilidad</b>		
Inmunidad a Temperatura	alto	bajo
Inmunidad a Humedad	alto	medio
Inmunidad a Impacto y Vibración	alto	bajo
<b>Inmunidad del producto al Ruido Eléctrico</b>		
En panel	alto	bajo
Maquinaria / Proceso	alto	bajo
<b>Características "Industriales"</b>		
Voltaje de alimentación Redundante	si	a veces
Contactos de Alarma	si	no
Software de mantenimiento, disponibilidad y config.	"PLC SW"	típico IT SW

ANEXO XII: Especificaciones Ruido Eléctrico, Diferencias Básicas.



ANEXO XIII: Layout Red Medición de Energía.



ANEXO XIV: Layout Red MES.



Actividad	Sub Actividad	MES 1				MES 2				MES 3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Identificación de Células de Automatización	Revisión Planos												
	Visita a las áreas de producción												
	Identificación de procesos												
	Caracterización de la célula de Automatización												
Especificación de Topología de Red Física y Lógica	Selección ubicaciones físicas nodos de comunicación												
	Evaluación de trayectos factibles												
	Determinación de topología física												
	Determinación de topología lógica												
Determinación de medios de comunicación	Inspección de las instalaciones actuales												
	Recomendación de fibra óptica												
	Recomendación cable par trenzado												
Propuesta de equipos de comunicación	Evaluación requerimientos por Célula de Automatización												
	Revisión técnica de dispositivos del fabricante												
	Selección Switches administrables												
	Selección Switches no administrables												
Presentación presupuesto de inversión	Cuantificar Switches administrables												
	Cuantificar Switches no administrables												
	Cuantificar distancia fibra óptica												
	Cuantificar distancia cable Ethernet (par trenzado)												
	Solicitud de precios												

ANEXO XV: Cronograma de Ejecución.

## Memoria de configuración - FL MEM PLUG/MRM - 2891275

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Memoria de configuración de los ajustes del aparato intercambiable, para un cambio y una puesta en servicio sencillos del aparato. Adicionalmente está guardada la licencia para la gestión redundante de medios (MRM), para el uso dentro del protocolo de redundancia de medios (MRP)

RoHS

### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	
EAN	4048356165433
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	19,000 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	19,000 g
Número de tarifa arancelaria	85366990
País de origen	Alemania

### Datos técnicos

#### Observación

Restricción de uso	CEM: producto de clase A, véase declaración del fabricante en el centro de descargas
--------------------	--

#### Dimensiones

Anchura	16 mm
Altura	49 mm

#### Condiciones ambientales

Índice de protección	IP20
Temperatura ambiente (servicio)	0 °C ... 55 °C (sin condensación)
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-20 °C ... 70 °C
Humedad de aire admisible (servicio)	10 % ... 95 % (sin condensación)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	10 % ... 95 % (sin condensación)

#### Interfaces

Protocolos soportados	Administrador para MRP
-----------------------	------------------------

28/09/2017 Página 1 / 3

## Memoria de configuración - FL MEM PLUG/MRM - 2891275

### Datos técnicos

#### Función

Funcionalidad básica	Memoria de configuración y administrador para el protocolo de redundancia de medios (MRP)
----------------------	---

#### Generalidades

Tipo de montaje	En el sistema Host
Construcción AX	De granularidad fina
Peso neto	19 g

#### Conformidad con las directivas CEM

Desarrollado según la norma	IEC 61000-6-2
Norma de ensayo	IEC 61000-4-2 (ESD, inmunidad a las descargas electrostáticas)
Resultado del ensayo	Criterio B
Norma de ensayo	IEC 61000-4-3 (inmunidad a los campos radiados)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-4 (inmunidad a los transitorios rápidos)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-5 (inmunidad a las ondas de choque)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-6 (inmunidad conducida)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-8 (inmunidad a los campos magnéticos)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	EN 55022 (emisión de interferencias)
Resultado del ensayo	Criterio A

#### Normas y especificaciones

Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva CEM 2004/108/CE
Desarrollado según la norma	IEC 61000-6-2
Norma de ensayo	IEC 61000-4-2 (ESD, inmunidad a las descargas electrostáticas)
Resultado del ensayo	Criterio B
Norma de ensayo	IEC 61000-4-3 (inmunidad a los campos radiados)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-4 (inmunidad a los transitorios rápidos)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-5 (inmunidad a las ondas de choque)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-6 (inmunidad conducida)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-8 (inmunidad a los campos magnéticos)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	EN 55022 (emisión de interferencias)
Resultado del ensayo	Criterio A
Emisión de interferencias	EN 61000-6-3/-4

28/09/2017 Página 2 / 3

## Memoria de configuración - FL MEM PLUG/MRM - 2891275

### Datos técnicos

#### Normas y especificaciones

Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2:2005
------------------------------	-------------------

#### Environmental Product Compliance

China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto: ilimitado = EFUP-e
	Sin sustancias peligrosas por encima de los umbrales

Phoenix Contact 2017 © - all rights reserved  
<http://www.phoenixcontact.com>

## Memoria de programa y configuración - FL SD FLASH/MRM - 2700270

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)

Memoria de parametrización, enchufable, con funcionalidad MRM



### Descripción del artículo

La tarjeta FL SD Flash L3/MRM es una memoria de parametrización con la siguiente funcionalidad:

- Guardar la configuración actual de los switches Gigabit Modular (FL Switch GHS 4G/12 y 12G/8)
- Funcionalidad maestro de redundancia de medios

**RoHS**

### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	 4 046356 517690
EAN	4046356517690
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	2,000 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	9,000 g
Número de tarifa arancelaria	85235110
País de origen	Taiwan

### Datos técnicos

#### Generalidades

Peso	10 g
------	------

#### Environmental Product Compliance

China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto: ilimitado = EFUP-e
	Sin sustancias peligrosas por encima de los umbrales

## Módulo de medios - FL SFP SX - 2891754

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Módulo Gigabit SFP para la transferencia de hasta 1 km con una longitud de onda de 850 nm.

### Descripción del artículo

Módulo SFP con una tasa de transferencia de datos de 1000 MBit/s con una longitud de onda de 850 nm y una longitud de transferencia máxima de 1 km.

**RoHS**

### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	 4 046356 166782
EAN	4046356166782
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	28,700 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	28,700 g
Numero de tarifa arancelaria	85176200
País de origen	Taiwan

### Datos técnicos

#### Dimensiones

Anchura	13,7 mm
Altura	8,95 mm

#### Condiciones ambientales

Temperatura ambiente (servicio)	-40 °C ... 75 °C (sin condensación)
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-40 °C ... 85 °C (sin condensación)
Humedad de aire admisible (servicio)	30 % ... 95 % (sin condensación)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	30 % ... 95 % (sin condensación)
Presión de aire (servicio)	86 kPa ... 108 kPa (1500 m sobre el nivel del mar)
Presión de aire (almacenamiento / transporte)	66 kPa ... 108 kPa (3500 m sobre el nivel del mar)

#### Interfaces

## Módulo de medios - FL SFP SX - 2891754

### Datos técnicos

#### Interfaces

Interfaz 1	Ethernet F.O. (fibra óptica)
Numero de puertos	1 (Multimodo LC)
Tipo de conexión	LC
Física de transmisión	Fibra de vidrio multimodo
Velocidad de transmisión	1 GBit/s
Longitud de transmisión	275 m (Fibra de vidrio 62,5/125 µm (OM1))
	550 m (Fibra de vidrio 50/125 µm (OM2))
	1000 m (Fibra de vidrio 50/125 µm (OM3))
	1000 m (Fibra de vidrio 50/125 µm (OM4))
Longitud de onda	850 nm
LEDs de señales	en función del módulo Factoryline
Potencia de emisión mínima	-9 dBm
Potencia de emisión máxima	-4 dBm
Sensibilidad de receptor mínima	-17 dBm
Sensibilidad de receptor máxima	-3 dBm

#### Función

Funcionalidad básica	Módulo SFP como puerto de fibra óptica
Indicaciones de estado y diagnóstico	a través de módulo Factoryline

#### Tensión de alimentación

Tensión de alimentación	3,3 V (mediante interruptor Factoryline)
Absorción de corriente máxima	240 mA
Absorción de corriente	240 mA

#### Generalidades

Tipo de montaje	Inserción en ranura SFP
Construcción AX	Módulos Factoryline con ranura SFP
Peso neto	28,7 g
Material carcasa	Metal

#### Normas y especificaciones

Vibración (almacenamiento / transporte)	5g, 150 Hz, según IEC 60068-2-6
Conexión según norma	CUL
Vibración (servicio)	según IEC 60068-2-6: 5g, 150 Hz

### Homologaciones

#### Homologaciones

#### Homologaciones

UL Recognized / cUL Recognized / DNV / RINA / DNV GL / LR / BSH / cULus Recognized

## Módulo de medios - FL SFP SX - 2891754

### Homologaciones

Homologaciones Ex

#### Detalles de homologaciones

UL Recognized	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a>	FILE E 140403
cUL Recognized	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a>	FILE E 140403
DNV A-13856	<input type="checkbox"/>	<a href="http://exchange.dnv.com/tari/">http://exchange.dnv.com/tari/</a>	
RINA	<input type="checkbox"/>	<a href="http://www.rina.org/en">http://www.rina.org/en</a>	ELE205816XG
DNV GL		<a href="http://exchange.dnv.com/tari/">http://exchange.dnv.com/tari/</a>	TAA00000YV
LR	<input type="checkbox"/>	<a href="http://www.lr.org/en">http://www.lr.org/en</a>	17/20056
BSH		<a href="http://www.bsh.de/de/index.jsp">http://www.bsh.de/de/index.jsp</a>	Nr. 966
cULus Recognized	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a>	

Phoenix Contact 2017 © - all rights reserved  
<http://www.phoenixcontact.com>



## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH GHS 12G/8-L3 - 2700787

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Switch modular Gigabit con función de enrutamiento integrada

Switch modular Ethernet Gigabit con ocho ranuras RJ45 de 10/100/1000 Mbit/s y cuatro puertos SFP de 1000 Mbit/s, ampliable con una estación de ampliación hasta 28 puertos, con función de enrutamiento integrada

### Descripción del artículo

El switch modular Gigabit es un potente switch gestionado que cubre de forma modular y flexible la necesidad de puertos de las aplicaciones industriales. Para ello soporta todos los estándares habituales de transmisión Gigabit y Fast Ethernet, los protocolos estándar de TI, así como los protocolos de automatización PROFINET y EtherNet/IP. Para la utilización en el backbone de producción, el FL SWITCH GHS 12G/8 es el primer switch que tiene integrados 12 puertos Gigabit y que permite además el alojamiento de módulos de interfaz de hasta 16 puertos 100 Mbit/s. Con la licencia de capa 3 integrada el Switch puede integrarse como enrutador. El switch GHS admite enrutamientos hasta en 28 subredes diferentes. Con VRRP (Virtual Redundancy Routing Protocol), puede incluso funcionar como enrutador redundante. Con VRRP/Virtual Redundancy Routing Protocol, puede incluso funcionar como enrutador redundante.

### Propiedades del artículo

- ☒ Conexión de medios de conexión conectorables en campo como POF, HCS y GI HCS
  - ☒ Posibilidad de configuración rápida y sencilla in situ con la nueva unidad de manejo/visualización
  - ☒ Seguridad con red de automatización conforme a IEEE802.1X
  - ☒ Enlace de fibra de vidrio Gigabit mediante módulos enchufables FLSFP
- Función de enrutamiento integrada



EtherNet/IP



### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	 4 046356 47144
EAN	404635647144
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	3.050,800 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	3.050,800 g
Número de tarifa arancelaria	85176200
País de origen	Alemania
Nota	Producción vinculada al pedido (sin retirada)

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH GHS 12G/8-L3 - 2700787

### Datos técnicos

#### Observación

Restricción de uso	CEM: producto de clase A, véase declaración del fabricante en el centro de descargas
--------------------	--

#### Dimensiones

Anchura	287 mm
Altura	125 mm
Profundidad	115 mm

#### Condiciones ambientales

Índice de protección	IP20
Temperatura ambiente (servicio)	-20 °C ... 55 °C (sin condensación)
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-20 °C ... 70 °C
Humedad de aire admisible (servicio)	10 % ... 95 % (sin condensación)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	10 % ... 95 % (sin condensación)
Presión de aire (servicio)	80 kPa ... 108 kPa (2000 m sobre el nivel del mar)
Presión de aire (almacenamiento / transporte)	66 kPa ... 108 kPa (3500 m sobre el nivel del mar)

#### Interfaz SFP

Interfaz	Ethernet (SFP)
Número de puertos	4 (Puertos SFP)
Velocidad de transmisión	1000 MBit/s (Duplex)
Física de transmisión	Fibra óptica

#### Interfaz cobre

Interfaz	Ethernet
Número de puertos	8 (puertos RJ45)
Velocidad de transmisión	10/100/1000 MBit/s
Tipo de conexión	RJ45
Nota acerca del tipo de conexión	Autonegotiation y Autocrossing
Física de transmisión	Cobre

#### Interfaz de ampliación

Interfaz	Ethernet
Número de puertos	2 (Cada módulo de interfaz)
Tipo de conexión	A través de módulo de interfaz
Nota acerca del tipo de conexión	máx. 4 módulos de interfaz (sin ampliación)
Velocidad de transmisión	10/100 MBit/s (Duplex)
Física de transmisión	Fibra de vidrio multimodo
	Fibra de vidrio unimodo
	POF-SCRJ
	Fibra GLHCS
	Cobre
	PoE

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH GHS 12G/8-L3 - 2700787

### Datos técnicos

#### Función

Funcionalidad básica	Store and Forward Switch conforme a la norma IEEE 802.3, 8 clases de prioridad según IEEE802.1p, Smart Mode, Port-Mirroring, Multicast Filtering, IGMP Snooping, VLANs, protocolo de redundancia de medios (MRP conforme a IEC 62439), Rapid Spanning Tree (RSTP), Fast Ring Detection (FRD), Large Tree Support, IEEE 802.1X-Security, Port Security, SNMPv3, HTTPS, PROFINET-Device, GMRP, GVRP, SNTp, 2
Gestión	Gestión basada en web (HTTP)
	SNMPv1/v2/v3
Funciones de diagnóstico	RMON History
	N:1-Portmirroring
	LLDP (Link Layer Discovery Protocol)
	SNMP-Traps
Funciones de filtro	Quality of Service (8 clases de prioridades)
	Port-Priorisierung
	VLAN (hasta 223 VLANs)
Browsers sostenidos	Internet Explorer a partir de la versión 5.5
Redundancia	MRP (Media Redundancy Protocol)
	RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol)
	FRD (Fast Ring Detection)
	Large Tree Support
	STP (Spanning Tree Protocol)
	MSTP (Multiple Spanning Tree Protocol)
Función del módulo PROFINET	PROFINET-IO Device
	PROFenergy
	Fast Startup
Especificación PROFINET	Versión 1.1
Clase de conformidad PROFINET	Conformance-Class B
Otras funciones	DHCP Option 82 (Relay Agent)
	Link Aggregation (hasta 8 trunks)
	BootP
	DHCP-Client
	MAC-based Port Security
	Jumboframes
Indicaciones de estado y diagnóstico	LEDs: US1, US2 (fuente de alimentación), Fail (contacto de alarma), 2 LEDs por cada puerto Ethernet (Link y Activity conmutable/Speed/Duplex), DI1, DI2 (entrada digital), UI (tensión de alimentación sensor ext.) y gran pantalla de servicio (visualización de la dirección IP y otros parámetros)
Tensión de activación del contacto de alarma	24 V (típico)
Corriente de activación del contacto de alarma	190 mA (máximo)
Parámetros de extensión de red	
Profundidad de cascada	Red, estructura en línea y estrella: discrecional

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH GHS 12G/8-L3 - 2700787

### Datos técnicos

#### Parámetros de extensión de red

Longitud máxima de cable (partrenzado)	100 m
--	-------

#### Tensión de alimentación

Tensión de alimentación	24 V DC (redundante)
Ondulación residual	3,6 V <sub>SS</sub> (dentro del margen de tensión admisible)
Tensión de alimentación	18,5 V DC ... 30,2 V DC
Absorción de corriente típica	800 mA (hasta 2,7 A, en función de la configuración)
Absorción de corriente máxima	2,7 A

#### Generalidades

Tipo de montaje	Carril
Construcción AX	Stand Alone
Peso neto	3050,8 g
Material placa de base	Fundición inyectada de aluminio, resistente a la corrosión

#### Datos de conexión

Tipo de conexión	Conexión por tornillo
Sección de conductor rígido mín.	0,2 mm <sup>2</sup>
Sección de conductor rígido max.	2,5 mm <sup>2</sup>
Sección de conductor flexible mín.	0,2 mm <sup>2</sup>
Sección de conductor flexible max.	2,5 mm <sup>2</sup>
Sección de conductor AWG mín.	24
Sección de conductor AWG max.	12
Longitud a desaislar	7 mm

#### Normas y especificaciones

Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva EMC 2014/30/UE
Norma de ensayo	IEC 61000-4-2 (ESD, inmunidad a las descargas electrostáticas)
Resultado del ensayo	Criterio B, clase 3
Norma de ensayo	IEC 61000-4-3 (inmunidad a los campos radiados)
Resultado del ensayo	Criterio A, 10 V/m
Norma de ensayo	IEC 61000-4-4 (inmunidad a los transitorios rápidos)
Resultado del ensayo	Criterio A, 1 kV
Norma de ensayo	IEC 61000-4-5 (inmunidad a las ondas de choque)
Resultado del ensayo	Criterio B
Norma de ensayo	IEC 61000-4-6 (inmunidad conducida)
Resultado del ensayo	Criterio A, 10 V <sub>rms</sub>
Norma de ensayo	EN 55022 (emisión de interferencias)
Resultado del ensayo	Clase A
Tipo de ensayo	Choque según EN 60068-2-27/IEC 60068-2-27
Resultado del ensayo	Servicio: 25g, duración 11 ms, impulso de choque en forma de semisinusoide
Tipo de ensayo	Choque según EN 60068-2-27/IEC 60068-2-27

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH GHS 12G/8-L3 - 2700787

### Datos técnicos

#### Normas y especificaciones

Resultado del ensayo	Almacenamiento / transporte: 50g, duración 11 ms, impulso de choque en forma de semisinusoide
Tipo de ensayo	Resistencia a las vibraciones según EN 60068-2-6/IEC 60068-2-6
Resultado del ensayo	Funcionamiento/almacenamiento/transporte: 5g, 150 Hz, criterio 3
Tipo de ensayo	Caida libre según IEC 60068-2-32
Resultado del ensayo	1 m
Emisión de interferencias	EN 61000-6-3/-4
Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2:2005
Vibración (almacenamiento / transporte)	5g, 150 Hz, según IEC 60068-2-6
Libre de sustancias humectantes de barniz perturbadoras	Segun especificación VW
Vibración (servicio)	según IEC 60068-2-6: 5g, 150 Hz

#### Environmental Product Compliance

REACH SVHC	Lead monoxide (lead oxide) 1317-36-8
China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 50 años
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

### Homologaciones

#### Homologaciones

#### Homologaciones

UL Listed / cUL Listed / cULus Listed

#### Homologaciones Ex

#### Detalles de homologaciones

UL Listed	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E
140324		
cUL Listed	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E 140324
cULus Listed	<input type="checkbox"/>	

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Switch Ethernet, 6 puertos RJ45, 10/100/1000 Mbits/s en todos los puertos RJ45, 2 puertos SC-D multimodo, 1 Gbit/s dúplex, autonegociación (RJ45), función autocrossing, con contacto de aviso y QoS (Calidad de Servicio), margen de temperatura ampliado

### Propiedades del artículo

- El reconocimiento de Auto-negociación y Autocrossing facilita la instalación y la construcción
- Indicaciones de diagnóstico locales con LED
- Contacto de relé para tratamiento de alarma de estados de tensión
- El switch ofrece además bloqueo de cable y de puerto.
- Todos los puertos ofrecen velocidades de transmisión de 1000 Mbits/s



### Ethernet

### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	
EAN	4046356101196
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	425,000 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	611,000 g
Numero de tarifa arancelaria	85176200
País de origen	Taiwán

### Datos técnicos

#### Observación

Restricción de uso	CEM: producto de clase A, véase declaración del fabricante en el centro de descargas
--------------------	--

#### Dimensiones

Anchura	50 mm
Altura	120 mm
Profundidad	70 mm

#### Condiciones ambientales



## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398

### Datos técnicos

#### Condiciones ambientales

Índice de protección	IP20
Temperatura ambiente (servicio)	-25 °C ... 75 °C
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-35 °C ... 85 °C
Humedad de aire admisible (servicio)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Presión de aire (servicio)	86 kPa ... 108 kPa (Hasta 1500 m sobre el nivel del mar)
Presión de aire (almacenamiento / transporte)	66 kPa ... 108 kPa (hasta 3500 m sobre el nivel del mar)

#### Interfaces

Interfaz 1	Ethernet (RJ45)
Número de puertos	6 (puertos RJ45)
Tipo de conexión	RJ45
Nota acerca del tipo de conexión	Autonegociación y Autocrossing
Física de transmisión	Ethernet en RJ45-par trenzado
Velocidad de transmisión	10/100/1000 Mbit/s
Interfaz 2	Interfaz Fibra óptica
Número de puertos	2 (SC multimodo)
Tipo de conexión	SC
Física de transmisión	Fibra de vidrio multimodo
Velocidad de transmisión	1000 Mbit/s (Duplex)
Longitud de transmisión	220 m (Fibra de vidrio 62,5/125)
	550 m (Fibra de vidrio 50/125)
Longitud de onda	850 nm
Interfaz 4	Contacto de aviso sin potencial
Tipo de conexión	Conexión enchufable/portatornillo a través de COMBICON

#### Función

Funcionalidad básica	Switch no gestionado / autonegociación, conforme a la norma IEEE 802.3, Store and Forward-Switching-Mode
Clase de conformidad PROFINET	Conformance-Class A
Indicaciones de estado y diagnóstico	LEDs: U <sub>S1</sub> , U <sub>S2</sub> (alimentación de tensión redundante), Link y Activity por puerto
Tensión de activación del contacto de alarma	Control de la tensión de alimentación redundante

#### Parámetros de extensión de red

Profundidad de cascada	Red, estructura en línea y estrella: discrecional
Longitud máxima de cable (par trenzado)	100 m

#### Tensión de alimentación

Tensión de alimentación	24 V DC (redundante)
Ondulación residual	3,6 V <sub>SS</sub> (dentro del margen de tensión admisible)
Tensión de alimentación	9 V DC ... 32 V DC
Absorción de corriente típica	tip. 350 mA (con U <sub>S</sub> = 24 V DC)

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398

### Datos técnicos

#### Generalidades

Tipo de montaje	Carril
Construcción AX	Orientado a bloques
Peso neto	425 g
Material carcasa	Aluminio

#### Normas y especificaciones

Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva CEM 2004/108/CE
Emisión de interferencias	EN 61000-6-4
Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2:2005
Vibración (almacenamiento / transporte)	5g, 150 Hz, según IEC 60068-2-6
Vibración (servicio)	según IEC 60068-2-6; 5g, 150 Hz

#### Environmental Product Compliance

China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 50 años
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

### Homologaciones

#### Homologaciones

#### Homologaciones

UL Listed / cUL Listed / EAC / EAC / KC / cULus Listed

#### Homologaciones Ex

UL Listed / cUL Listed / cULus Listed

#### Detalles de homologaciones

UL Listed 140324	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E
cUL Listed	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E 140324
EAC	<input type="checkbox"/>	EAC-Zulassung



<https://www.phoenixcontact.com/pi/productos/2891398>



## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 6GT/2SX - 2891398

### Homologaciones

EAC	<input type="checkbox"/>	RU * DE.A*30.B.01735
KC	<input type="checkbox"/>	<a href="http://eng.kcc.co.kr/user/ehpMain.do">http://eng.kcc.co.kr/user/ehpMain.do</a> MSIP-REI- PCK-2891398
cULus Listed	<input type="checkbox"/>	

Phoenix Contact 2017 © - all rights reserved  
<http://www.phoenixcontact.com>

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 8GT - 2891673

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Switch Ethernet, 8 puertos TP-RJ45 con 10/100/1 000 Mbits/s en todos los puertos, detección automática de la velocidad de transmisión de datos de 10/100/1 000 Mbits/s (RJ45), función autocrossing, con contacto de aviso y QoS (Calidad de Servicio), margen de temperatura ampliado

### Propiedades del artículo

- El reconocimiento de Auto-negociación y Autocrossing facilita la instalación y la construcción
  - El switch ofrece además bloqueo de cable y de puerto.
  - Indicaciones de diagnóstico locales con LED
  - Contacto de relé para tratamiento de alarma de estados de tensión
- Todos los puertos ofrecen velocidades de transmisión de 1000 Mbits/s

**RoHS**

**Ethernet**

### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	
EAN	4046356101172
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	395,000 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	566,000 g
Numero de tarifa arancelaria	85176200
País de origen	Taiwán
Nota	Producción vinculada al pedido (sin retirada)

### Datos técnicos

#### Observación

Restricción de uso	CEM: producto de clase A, véase declaración del fabricante en el centro de descargas
--------------------	--

#### Dimensiones

Anchura	50 mm
Altura	120 mm
Profundidad	70 mm

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 8GT - 2891673

### Datos técnicos

#### Condiciones ambientales

Índice de protección	IP20
Temperatura ambiente (servicio)	-25 °C ... 75 °C
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-35 °C ... 85 °C
Humedad de aire admisible (servicio)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Presión de aire (servicio)	86 kPa ... 108 kPa (Hasta 1500 m sobre el nivel del mar)
Presión de aire (almacenamiento / transporte)	66 kPa ... 108 kPa (hasta 3500 m sobre el nivel del mar)

#### Interfaces

Interfaz 1	Ethernet (RJ45)
Número de puertos	8 (puertos RJ45)
Tipo de conexión	RJ45
Nota acerca del tipo de conexión	Autonegociación y Autocrossing
Física de transmisión	Ethernet en RJ45-par trenzado
Velocidad de transmisión	10/100/1000 Mbit/s
Interfaz 4	Contacto de aviso sin potencial
Tipo de conexión	Conexión enchufable/por tornillo a través de COMBICON

#### Función

Funcionalidad básica	Switch no gestionado / autonegociación, conforme a la norma IEEE 802.3, Store and Forward-Switching-Mode
Clase de conformidad PROFINET	Conformance-Class A
Indicaciones de estado y diagnóstico	LEDs: U <sub>S1</sub> , U <sub>S2</sub> (alimentación de tensión redundante), Link y Activity por puerto
Tensión de activación del contacto de alarma	Control de la tensión de alimentación redundante

#### Parámetros de extensión de red

Profundidad de cascada	Red, estructura en línea y estrella: discrecional
Longitud máxima de cable (par trenzado)	100 m

#### Tensión de alimentación

Tensión de alimentación	24 V DC (redundante)
Ondulación residual	3,6 V <sub>SS</sub> (dentro del margen de tensión admisible)
Tensión de alimentación	9 V DC ... 32 V DC
Absorción de corriente típica	tip. 430 mA (con U <sub>S</sub> = 24 V DC)

#### Generalidades

Tipo de montaje	Carril
Construcción AX	Orientado a bloques
Peso neto	395 g
Material carcasa	Aluminio

#### Normas y especificaciones

Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva CEM 2004/108/CE
Emisión de interferencias	EN 61000-6-4

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 8GT - 2891673

### Datos técnicos

#### Normas y especificaciones

Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2:2005
Vibración (almacenamiento / transporte)	5g, 150 Hz, según IEC 60068-2-6
Vibración (servicio)	según IEC 60068-2-6: 5g, 150 Hz
Conformidad	Conformidad CE
UL, EE.UU. / Canadá	Class I, Div. 2, Groups A, B, C, D

#### Environmental Product Compliance

China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 50 años
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

### Homologaciones

#### Homologaciones

##### Homologaciones

UL Listed / cUL Listed / EAC / EAC / KC / cULus Listed

##### Homologaciones Ex

UL Listed / cUL Listed / cULus Listed

#### Detalles de homologaciones

UL Listed 140324	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E
cUL Listed	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E 140324
EAC	<input type="checkbox"/>	EAC-Zulassung
EAC	<input type="checkbox"/>	RU *- DE.A*30.B.01735

<https://www.phoenixcontact.com/pi/productos/2891673>



## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SFN 8GT - 2891673

### Homologaciones

KC	<input type="checkbox"/>	<a href="http://eng.kcc.co.kr/user/ehpMain.do">http://eng.kcc.co.kr/user/ehpMain.do</a>	MSIP-REL PCK-2891673
----	--------------------------	---	-------------------------

cULus Listed	<input type="checkbox"/>
--------------	--------------------------

Phoenix Contact 2017 © - all rights reserved  
<http://www.phoenixcontact.com>

28/09/2017 Página 4 / 4

ANEXO XXXV: HOJA TECNICA\_4 FL SWITCH SFN 8GT - 2891673

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Switch Ethernet Smart Managed Compact con seis puertos RJ45 de 10/100/1000 Mbit/s y dos slots SFP de 1000 Mbit/s

### Descripción del artículo

El Smart Managed Compact Switch (Smart Managed Compact Switch, SMCS) es un Switch Ethernet apto para el uso industrial, con seis puertos Ethernet Gigabit en formato RJ45 y dos puertos Ethernet Gigabit en formato SFP.

### Propiedades del artículo

- ☒ Gestión basada en web, SNMP
- ☒ SNMP
- ☒ VLANs
- ☒ MRP (cliente y maestro)
- ☒ RSTP



Ethernet



EtherNet/IP

### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	 4 046356 166089
EAN	4046356166089
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	650,000 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	792,700 g
Número de tarifa arancelaria	85176200
País de origen	Alemania

### Datos técnicos

#### Dimensiones

Anchura	128 mm
Altura	110 mm
Profundidad	69 mm

#### Condiciones ambientales

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479

### Datos técnicos

#### Condiciones ambientales

Índice de protección	IP20
Temperatura ambiente (servicio)	0 °C ... 55 °C (sin condensación)
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-40 °C ... 85 °C
Humedad de aire admisible (servicio)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Humedad de aire admisible (almacenamiento / transporte)	5 % ... 95 % (sin condensación)
Presión de aire (servicio)	86 kPa ... 108 kPa (2000 m sobre el nivel del mar)
Presión de aire (almacenamiento / transporte)	66 kPa ... 108 kPa (3500 m sobre el nivel del mar)

#### Interfaces

Interfaz 1	Ethernet (RJ45)
Número de puertos	6 (puertos RJ45)
Tipo de conexión	RJ45
Nota acerca del tipo de conexión	Autonegoation y Autocrossing
Física de transmisión	Cobre
Velocidad de transmisión	10/100/1000 MBit/s
Longitud de transmisión	100 m (por segmento)
LEDs de señales	Tensión de alimentación, transmisión de datos, error, Link, Activity
Interfaz 2	Interfaz Fibra óptica
Número de puertos	2 (Puertos SFP)
Tipo de conexión	Puertos SFP
Física de transmisión	En función del módulo SFP
Velocidad de transmisión	1000 MBit/s (Duplex)
Longitud de transmisión	hasta 80 km (dependiendo de la fibra/del módulo SFP utilizados)
Interfaz 5	Serie (RS232)
Tipo de conexión	RS-232-C, conector hembra MINI-DIN de 6 polos (PS/2)

#### Función

Funcionalidad básica	Switch store and forward, conforme a la norma IEEE 802.3, 4 clases de prioridad según IEEE 802.1 P, protocolo TCP/IP, apto para BootP, Port-Mirroring, función de servidor web integrada, Multicast Filtering, IGMP Snooping, VLAN, Rapid Spanning Tree (RSTP), PROFINET Device, protocolo de redundancia de medios (MRP).
Gestión	Gestión basada en web (HTTP)
	SNMP v1/v2
	Interfaz serie (V.24)
Funciones de diagnóstico	RMON History
	N:1-Portmirroring
	LLDP (Link Layer Discovery Protocol)
	SNMP-Traps
	ACD (Address Conflict Detection)
Funciones de filtro	Quality of Service (4 clases de prioridades)
	Port-Priorisierung
	VLAN

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479

### Datos técnicos

#### Función

	IGMP Snooping (128 grupos)
	IGMP Query
	Auto-Query-Port
	Extended Multicast Filtering
	Static Multicast Filtering
Browsers sostenidos	Internet Explorer a partir de la versión 5.5
Tabla de direcciones MAC	4000
Redundancia	MRP (Media Redundancy Protocol)
	RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol)
	FRD (Fast Ring Detection)
	Large Tree Support
Función del módulo PROFINET	PROFINET-IO Device
	Fast Startup
Clase de conformidad PROFINET	Conformance-Class B
Sincronización de tiempo	SNTP
Otras funciones	BootP
	DHCP-Client
Indicaciones de estado y diagnóstico	LEDs: US1, US2 (fuente de alimentación), Fail (contacto de alarma), 2 LEDs por cada puerto Ethernet (Link y Activity comutable/Speed/ Duplex)
Tensión de activación del contacto de alarma	24 V (típico)
Corriente de activación del contacto de alarma	650 mA

#### Funciones de seguridad

Link Layer Discovery Protocol (LLDP)	según protocolo 802.2
--------------------------------------	-----------------------

#### Parámetros de extensión de red

Profundidad de cascada	Red, estructura en línea y estrella: discrecional
Longitud máxima de cable (par trenzado)	100 m

#### Tensión de alimentación

Tensión de alimentación	24 V DC (redundante)
Ondulación residual	3,6 V <sub>SS</sub> (dentro del margen de tensión admisible)
Tensión de alimentación	18 V DC ... 32 V DC
Absorción de corriente típica	600 mA (con U <sub>S</sub> = 24 V DC)
Absorción de corriente	650 mA

#### Generalidades

Tipo de montaje	Carril
Construcción AX	Orientado a bloques
Peso neto	650 g

#### Datos de conexión

Tipo de conexión	Conexión por tornillo
------------------	-----------------------



## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479

### Datos técnicos

#### Datos de conexión

Sección de conductor rígido mín.	0,2 mm²
Sección de conductor rígido max.	2,5 mm²
Sección de conductor flexible mín.	0,2 mm²
Sección de conductor flexible max.	2,5 mm²
Sección de conductor AWG mín.	24
Sección de conductor AWG max.	12
Longitud a desaislar	7 mm

#### Normas y especificaciones

Compatibilidad electromagnética	Conformidad con la directiva EMC 2014/30/UE
Desarrollado según la norma	IEC 61000-6-2
Norma de ensayo	IEC 61000-4-2 (ESD, inmunidad a las descargas electrostáticas)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-3 (inmunidad a los campos radiados)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-4 (inmunidad a los transitorios rápidos)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-5 (inmunidad a las ondas de choque)
Resultado del ensayo	Criterio A
Norma de ensayo	IEC 61000-4-6 (inmunidad conducida)
Resultado del ensayo	Criterio A
Emisión de interferencias	EN 61000-6-3 +A11
Resistencia a interferencias	EN 61000-6-2:2005
Vibración (almacenamiento / transporte)	5g, 10 Hz ... 150 Hz, según IEC 60068-2-6
Libre de sustancias humectantes de barniz perturbadoras	Sí
Vibración (servicio)	según IEC 60068-2-6: 5g, 10 Hz ... 150 Hz

#### Environmental Product Compliance

REACH SVHC	Lead monoxide (lead oxide) 1317-36-8
China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 50 años
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

### Homologaciones

#### Homologaciones

#### Homologaciones

UL Listed / cUL Listed / LR / GL / BV / DNV / ABS / GL-SW / EAC / EAC / GL / cULus Listed

## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479

### Homologaciones

Homologaciones Ex

ATEX

#### Detalles de homologaciones

UL Listed 140324	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E
cUL Listed	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> FILE E 140324
LR	<input type="checkbox"/>	<a href="http://www.lr.org/en">http://www.lr.org/en</a> 09/20009
GL	<input type="checkbox"/>	<a href="http://exchange.dnv.com/tari/">http://exchange.dnv.com/tari/</a> 60354-09 HH
BV	<input type="checkbox"/>	<a href="http://www.veristar.com/portal/veristarinfo/generalinfo/approved/approvedProducts/equipmentAndMaterials">http://www.veristar.com/portal/veristarinfo/generalinfo/approved/approvedProducts/equipmentAndMaterials</a> 22386/B0 BV
DNV A-13956	<input type="checkbox"/>	<a href="http://exchange.dnv.com/tari/">http://exchange.dnv.com/tari/</a>
ABS	<input type="checkbox"/>	<a href="http://www.eagle.org/eagleExternalPortal/VCD/">http://www.eagle.org/eagleExternalPortal/VCD/</a> 15-1101292140-PDA
GL-SW		60354-09 HH
EAC	<input type="checkbox"/>	EAC-Zulassung
EAC	<input type="checkbox"/>	RU *- DE.A*30.B.01735

28/09/2017 Página 5 / 6

<https://www.phoenixcontact.com/pi/productos/2891479>



## Industrial Ethernet Switch - FL SWITCH SMCS 6GT/2SFP - 2891479

### Homologaciones

GL	<input type="checkbox"/>	<a href="http://www.gl-group.com/newbuilding/approvals/index.html">http://www.gl-group.com/newbuilding/approvals/index.html</a>
----	--------------------------	---

cULus Listed
--------------

Phoenix Contact 2017 © - all rights reserved  
<http://www.phoenixcontact.com>

28/09/2017 Página 6 / 6

ANEXO XLI: HOJA TECNICA\_6 FL SWITCH SMCS 6GT 2SFP - 2891479

## Conector enchufable RJ45 - VS-08-RJ45-10G/Q - 1419001

Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Conector enchufable RJ45, IP20, CAT6A, 8 polos, con técnica de conexión rápida QUICKON, para conductores de 1 hilo y 7 hilos AWG 26 ... 24, color: negro

### Propiedades del artículo

- ☒ Confección sin herramientas especiales
- ☒ UL
- ☒ Estructura del hilo rígida y flexible (1 y 7 hilos)



**Ethernet**

### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	
EAN	4046356521567
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	12,000 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	12,300 g
Número de tarifa arancelaria	85366990
País de origen	Alemania

### Datos técnicos

#### Datos mecánicos

Número de polos	8
Cara de enchufe	RJ45
Apantallado	si
Ciclos de enchufe	≥ 750
Tipo de conexión	Conexión rápida IDC
Sección de conexión	0,13 mm² ... 0,21 mm² (rígido)
	0,14 mm² ... 0,23 mm² (7 hilos)
Sección de conexión AWG	26 ... 24 (rígido)

28/09/2017 Página 1 / 4

## Conector enchufable RJ45 - VS-08-RJ45-10G/Q - 1419001

### Datos técnicos

#### Datos mecánicos

	26 ... 24 (7 hilos)
Diámetro de cable máx.	4,5 mm ... 8 mm
Diámetro exterior del cable	4,5 mm ... 8 mm
Salida de cables	recta
Color	amarillo
Índice de protección	IP20
Construcción	RJ45, IP20
Número de salidas de cable	1

#### Condiciones ambientales

Temperatura ambiente (servicio)	-40 °C ... 70 °C
---------------------------------	------------------

#### Datos del material

Clase de combustibilidad según UL 94	V2
Material carcasa	PA 6.6
Material soporte de contactos	PC
Material contacto	CuSn
Material superficie del contacto	Oro sobre níquel

#### Datos eléctricos

Número de polos	8
Tensión nominal $U_N$	50 V
Corriente nominal $I_N$	1,75 A
Velocidad de transmisión	10 Gbit/s
Características de transmisión (categoría)	CAT6 <sub>A</sub> (IEC 60512-27-100:2008, TIA-568-C.2:2009)
Características de transferencia GRP	CAT6 <sub>A</sub> (IEC 60512-27-100:2008, TIA-568-C.2:2009)
Velocidad de transmisión	1 Gbit/s
Gama de frecuencias	hasta 500 MHz
Corriente de dimensionamiento	1,75 A
Categoría de sobretensiones	I
Grado de polución	2
Resistencia de contacto baja	0,001 Ω (Hilo – IDC)
	0,005 Ω (Conductor – IDC)

#### Normas y especificaciones

Clase de combustibilidad según UL 94	V2
--------------------------------------	----

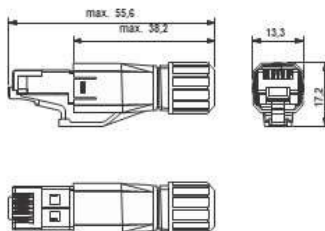
#### Environmental Product Compliance

REACH SVHC	DoTE 15571-58-1
China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto (EFUP): 50 años
	Encontrará información sobre las sustancias peligrosas en la declaración del fabricante en la pestaña "Descargas"

### Dibujos

## Conector enchufable RJ45 - VS-08-RJ45-10G/Q - 1419001

Esquema de dimensiones



Conector enchufable RJ45, IP20

### Homologaciones

Homologaciones

Homologaciones

UL Listed / cUL Listed / EAC / cULus Listed

Homologaciones Ex

### Detalles de homologaciones

UL Listed	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> E335024-20150529
Corriente nominal IN	1,75 A	
Tensión nominal UN	57 V	

cUL Listed	<input type="checkbox"/>	<a href="http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm">http://database.ul.com/cgi-bin/XYV/template/LISEXT/1FRAME/index.htm</a> E335024-20150529
Corriente nominal IN	1,75 A	
Tensión nominal UN	57 V	

EAC	<input type="checkbox"/>	B.01742
-----	--------------------------	---------

28/09/2017 Página 3 / 4

<https://www.phoenixcontact.com/pi/productos/1419001>



## Conector enchufable RJ45 - VS-08-RJ45-10G/Q - 1419001

### Homologaciones

cULus Listed



Phoenix Contact 2017 © - all rights reserved  
<http://www.phoenixcontact.com>

28/09/2017 Página 4 / 4

ANEXO XLV: HOJA TECNICA\_4 VS-08-RJ45-10G Q - 1419001

## Cable de red - VS-OE-OE-94F-100,0 - 1416347


Tenga en cuenta que los datos indicados aquí proceden del catálogo en línea. Los datos completos se encuentran en la documentación del usuario. Son válidas las condiciones generales de uso de las descargas por Internet.  
(<http://phoenixcontact.es/download>)



Cable de red, Ethernet CAT6<sub>A</sub> (10 GBit/s), 8-polos, PUR sin halógenos, azul agua RAL 5021, apantallado, extremo de cable libre, a extremo de cable libre, longitud de cable: 100 m



### Datos mercantiles

Unidad de embalaje	1 STK
EAN	
EAN	4 046356 147483 2
Peso por unidad (sin incluir el embalaje)	3.954,000 g
Peso por unidad (incluido el embalaje)	4.523,000 g
Número de tarifa arancelaria	85444995
País de origen	Alemania

### Datos técnicos

#### Medidas

Longitud de cable	100 m
-------------------	-------

#### Datos generales

Número de polos	8
Tipo de señal/categoría	Ethernet CAT6 <sub>A</sub> , 10 GBit/s
Características de transmisión (categoría)	CAT6 <sub>A</sub>
Velocidad de transmisión	10 GBit/s

#### Cable

Tipo de cable	Ethernet 10 GBit
Tipo de cable (abreviatura)	94F
UL AWM Style	20963 (80 °C / 30 V)
Tipo de señal/categoría	Ethernet CAT6 <sub>A</sub> , 10 GBit/s



## Cable de red - VS-OE-OE-94F-100,0 - 1416347

### Datos técnicos

#### Cable

Construcción de cable	4x2xAWG26/7; S/FTP
Sección de conductor	4x 2x 0,14 mm²
Línea de señales AWG	26
Construcción del conductor cable de señales	7x 0,16 mm
Diámetro de los conductores, aislamiento incluido	1,04 mm
Colores de conductor	blanco / azul-azul, blanco / naranja-naranja, blanco / verde-verde, blanco / marrón-marrón
Cableado de pares	2 conductores como par
Tipo de apantallamiento de pares	Hoja revestida con aluminio
Cableado total	4 pares como alma
Apantallamiento	Malla de hilos de cobre estañados
Cubierta visual de pantalla	70 %
Envoltura exterior, color	azul agua RAL 5021
Grosor de pared envoltura exterior	0,85 mm
Diámetro exterior del cable D	6,4 mm ±0,2 mm
Radio de curvatura mínimo, colocado de forma fija	4 x D
Radio de curvatura mínimo, colocado de forma flexible	8 x D
Resistencia a la tracción momentánea/permanente	≤ 100 N
Peso del cable	42 kg/km
Envoltura exterior, material	PUR
Material Aislamiento de conductor	PE espumado
Material Conductor	Conductor Cu desnudo
Resistencia de aislamiento	≥ 500 MΩ*km
Resistencia al pulido	≤ 290 Ω (por km)
Impedancia propia	100 Ω ±5 Ω (a 100 MHz)
Tiempo de tránsito de señales	5,13 ns/m
Atenuación de pantalla	≥ 80 dB (con 30 ... 100 MHz)
Tensión nominal Cable	≤ 100 V
Tensión de prueba Conductor/Conductor	700 V (50 Hz, 1 min)
Tensión de prueba Conductor/Pantalla	700 V (50 Hz, 1 min)
Resistencia a las llamas	según IEC 60332-1-2
Ausencia de halógenos	según IEC 60754-1
Resistencia al aceite	conforme a DIN EN 60811-2-1
Temperatura ambiente (servicio)	-40 °C ... 80 °C (cable, disposición fija)
	-20 °C ... 80 °C (cable, disposición móvil)
Temperatura ambiente (disposición)	-20 °C ... 80 °C
Temperatura ambiente (almacenamiento / transporte)	-20 °C ... 80 °C

#### Environmental Product Compliance

China RoHS	Espacio de tiempo para el uso previsto: ilimitado = EFUP-e
	Sin sustancias peligrosas por encima de los umbrales

## Cable de red - VS-OE-OE-94F-100,0 - 1416347

Dibujos

Sección de cable



Ethernet 10 GBit [94F]

---

Phoenix Contact 2017 © - all rights reserved  
<http://www.phoenixcontact.com>